

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 102 61 513.6

Anmeldetag: 23. Dezember 2002

Anmelder/Inhaber: WABCO GmbH & Co OHG,
Hannover/DE

Bezeichnung: Verfahren zur Zuspännenergieregung
einer Fahrzeugkombination

IPC: B 60 T 8/00

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 09. Oktober 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag



Scholz

Verfahren zur Zuspannenergieregung einer Fahrzeugkombination

5 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Zuspannenergieregung einer Fahrzeugkombination, die ein mit einem elektronisch geregelten Bremssystem (EBS) ausgestattetes Zugfahrzeug mit mindestens einer Vorderachse und Hinterachse und ein Anhängefahrzeug mit mindestens einer Anhängerachse aufweist.

Bei Fahrzeugkombinationen mit einem Zugfahrzeug mit Vorder- und Hinterachse und einem Anhängefahrzeug ist es bekannt, zum einen eine Fahrzeugverzögerungsregelung, sogenannte Z-Regelung, und zum anderen eine Koppelkraftregelung zwischen dem Zugfahrzeug und dem Anhängefahrzeug durchzuführen.

Durch die EP 0 697 314 B1 ist ein Verfahren zur lastabhängigen Bremsdruckregelung einer Fahrzeugkombination aus Zug- und Anhängefahrzeug bekannt, durch das durch geeignete Bremsdruckverteilung auf die Achsen des Zugfahrzeugs und auf das Anhängefahrzeug eine möglichst gleich große Abbremsung von Anhänger- und Zugfahrzeug erreicht werden soll.

25 Hierzu wird anhand eines in einer Zugfahrzeug-Zentralelektronik abgelegten Kennfeldes für einen als Verhältnis von Zugfahrzeug-Gesamtbremsdruck zu Soll-Fahrzeugverzögerung definierten Bezugsfaktor in Abhängigkeit von wenigstens einer Beladungszustandsinformation enthaltenden Zugfahrzeugzustandsdaten und des erfassten momentanen Zugfahrzeugzustandes ein im Normalbereichsband liegender, anfänglicher Bezugsfaktorwert ermittelt, wobei das Kennfeld ein Normalbe-

reichsband von Bezugsfaktorwerten enthält. Es wird ferner ein durch den anfänglichen Bezugsfaktorwert bestimmter Zugfahrzeug-Gesamtbremsdruckwert sowie ein für die gewählte Soll-Fahrzeugverzögerung innerhalb eines vorgegebenen abgelegten Abbremsungsbandes liegender Anhängefahrzeug-Bremsdruck für das Anhängefahrzeug eingestellt. Im weiteren Verlauf des Bremsvorganges wird die Ist-Fahrzeugverzögerung erfasst und bei erkannter Abweichung von der Soll-Fahrzeugverzögerung zunächst der Zugfahrzeug-Gesamtbremsdruck mittels Nachführung des Bezugsfaktorwertes innerhalb des Normalbereichsbandes nachgeregelt. Wenn bei der vorhergehenden Nachführung des Bezugsfaktorwertes dieser einen Grenzpunkt des Normalbereichsbandes erreicht, wird der Bremsdruck für das Anhängefahrzeug innerhalb des vorgegebenen Abbremsungsbandes nachgeführt. Die Nachführung des Bremsdruckes für das Anhängefahrzeug erfolgt solange, bis der Bezugsfaktor für den zu diesem geänderten Anhängefahrzeug-Bremsdruck gehörigen Zugfahrzeug-Gesamtbremsdruck wieder innerhalb des Normalbereichsbandes liegt. Diese durch die EP 0 697 341 B1 bekannte Koppelkraftregelung weist keine von der Fahrzeugverzögerungsregelung abweichende Grenzen auf. Solange sich die Fahrzeugverzögerungsregelung in ihrem Arbeitsbereich befindet, ist auch die Koppelkraftregelung aktiv. Die Gesamtbremsperformance wird nur über das Anhängefahrzeug ausgeregelt, was den Nachteil hat, dass ein vorhandener Temperaturunterschied der Radbremsen zwischen Anhängefahrzeug und Zugfahrzeug durch diese Regelung noch größer wird.

Nachteilig an einem derartigen Verfahren ist, dass keine an einzelne Achsen angepasste Fahrzeugverzögerungsregelung erfolgt. Weiterhin ist die Anpassung bzw. Adaption an das Bremsverhalten der Fahrzeugkombination langsam. Der Bremsvorgang ist durch die gleichzeitige Fahrzeugverzögerungsregelung (Z-Regelung) und Koppelkraftregelung vielen Regeleingriffen unterworfen, wodurch der Bremskomfort ver-

ringert ist. Hierdurch ergeben sich auch größere Totzeiten und somit größere Soll-Ist-Abweichungen.

Die EP 0 885 793 A2 zeigt ein Verfahren zur Abbremsung eines Fahrzeugs, bei dem der Beladungszustand des Fahrzeugs durch ein Lastsignal ermittelt wird, das aus einem Verknüpfungssignal gebildet wird, das als ein den Fahrerwunsch und die diesem zugeordnete Bremskraft verknüpfendes Verknüpfungssignal herangezogen wird.

10

Aus der EP 0 445 575 B1 ist ein Verfahren zur Bremsdruckverteilung auf die Achsen eines Kraftfahrzeugs mit ABS-Druckmittelbremse bekannt, bei dem eine adaptive Anpassung der Bremsdruckverteilung auf die Achsen des Kraftfahrzeugs, d. h. des Verhältnisses zwischen Vorderachs- und Hinterachs-Bremsdruck, anhand eines Modells durchgeführt wird, bei dem sich dieses Verhältnis ausgehend von einem statischen Druckverhältnis linear mit der Soll-Fahrzeugverzögerung ändert. Das statische Druckverhältnis ist vom Beladungszustand abhängig und wird durch die Bremskräfte eines Anhängefahrzeugs praktisch nicht beeinflusst. Der jeweils aktuelle Wert der Bremsdruckverteilung wird jeweils solange den nachfolgenden Bremsvorgängen zugrundegelegt, bis die überwachte, zwischenachsige Drehzahldifferenz einen vorgegebenen Grenzwert überschreitet, wonach in Abhängigkeit von diesem eine neue Bremsdruckverteilungsfunktion bestimmt wird.

Die EP 0 357 983 B1 beschreibt ein Verfahren zur lastabhängigen Regelung des Bremsdruckes eines Nutzfahrzeugs, bei dem das Bremsdruckverhältnis, d. h. das Verhältnis zwischen Vorderachs- und Hinterachs-Bremsdruck des Kraftfahrzeugs und ein das Gesamtbremsniveau bestimmender Bezugsfaktor, der als das Verhältnis von Gesamtbremsdruck zu Soll-fahrzeugverzögerung definiert ist, von Startwerten ausge-

hend selbstlernend nachgeführt werden, wenn unterhalb eines ABS-Eingriffsbereichs die Raddrehzahldifferenz beispielsweise die Verzögerungsregeldifferenz zwischen den Achsen des Nutzfahrzeugs vorgegebene Grenzwerte überschreiten.

5

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren der eingangs genannten Art anzugeben, mit dem eine automatisch lastabhängige Bremskraftregelung (ALB-Funktion) für das Anhängefahrzeug durchführbar ist, durch die gegenüber
10 bestehenden Verfahren zur Zuspannenergie-Regelung von Fahrzeugkombinationen ohne Anhängefahrzeug-ALB Verbesserungen geschaffen werden und insbesondere eine schnelle Adaption des Regelungssystems an die jeweiligen Fahr- und Lastverhältnisse bei geringen Totzeiten und hohem Bremskomfort erreichbar ist.
15

Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren nach Anspruch 1 gelöst. Die Unteransprüche beschreiben nähere Ausgestaltungen und Weiterbildungen.

20

Erfindungsgemäß wird während eines Bremsvorganges der Verzögerungs-Sollwert ermittelt und mit dem Verzögerungs-Istwert verglichen, wobei aus dem Vergleich ein Zuspannenergie-Bezugswert κ als eine Regelgröße ermittelt
25 wird, die den Ausgangswert der Fahrzeugverzögerungsregelung und eine Eingangsgröße für die Bestimmung der Zuspannenergie-Niveaus des Zugfahrzeugs und des Anhängefahrzeugs darstellt. Die Zuspannenergie-Sollwerte für das Zugfahrzeug und das Anhängefahrzeug werden aus dem aus der Bremspedal-
30 betätigung abgeleiteten Sollverzögerungswert, einem vom aktuellen Zuspannenergie-Bezugswert κ abhängigen Wert, einem Zuspannenergie-Niveau für das Zugfahrzeug und einem Zuspannenergie-Niveau für das Anhängefahrzeug ermittelt unter Verwendung von im Programm der EBS-Anlage abgelegten
35 Kennlinienfeldern. Diese Kennlinienfelder geben die Abhän-

gigkeiten der Zuspännenergie-Niveaus des Zugfahrzeugs und des Anhängefahrzeugs vom Zuspännenergie-Bezugswert κ und/oder vom Achslastverhältnis ALV des Zugfahrzeugs wieder.

5

Grundsätzlich stellt das erfindungsgemäße Verfahren ein Koppelkraftregelungsverfahren dar, da die Ladungsverteilungen berücksichtigt werden.

10 Gemäß einer bevorzugten Weiterbildung der Aufgabenlösung werden die Kennlinienfelder und die Zuspännenergie-Niveaus des Zugfahrzeugs und des Anhängefahrzeugs in Abhängigkeit von vorgebbaren Einflussfaktoren gewonnen, dergestalt, dass die vom Achslastverhältnis und der Beladung abhängige und vom Zugfahrzeug und Anhängefahrzeug zu erbringende Bremsarbeit auf das Zugfahrzeug oder das Anhängefahrzeug entsprechend dem Einflussfaktor verteilt wird. Durch Vorgabe eines solchen Einflussfaktors kann die Bremsarbeit durch entsprechende Änderung der Zuspännenergie-Niveaus für
15 das Zugfahrzeug und Anhängefahrzeug auf das Zugfahrzeug oder das Anhängefahrzeug wunschgemäß verteilt werden, und zwar von einem ersten extremen Zustand (Einflussfaktor = 100 %), in dem sich jedes Teilfahrzeug selbst abbremst und somit das Zuspännenergie-Niveau des Zugfahrzeugs nur abhängt vom Achslastverhältnis und das Zuspännenergie-Niveau
20 des Anhängefahrzeugs abhängt vom Achslastverhältnis ALV und vom Zuspännenergie-Bezugswert κ , bis zu einem zweiten extremen Zustand (Einflussfaktor = 0 %), in dem die Zuspännenergie-Niveaus für das Zugfahrzeug und das Anhängefahrzeug nur vom Zuspännenergie-Bezugswert κ abhängen.
25
30

Der erste extreme Fall (Einflussfaktor = 100 %) entspricht einem Regelziel gleicher Adhäsionsverhältnisse zwischen Rad und Fahrbahn des Zugfahrzeugs und Anhängefahrzeugs und damit Koppelkraft gleich Null. Der zweite extreme
35

Fall (Einflussfaktor = 0 %) entspricht einem Regelungsziel, bei dem nicht mehr gleiche Adhäsion angestrebt wird, sondern ähnlicher Verschleiß der Bremsen des Zugfahrzeugs und Anhängefahrzeugs.

5

Einflussfaktoren mit Werten zwischen 100 % und 0 % ergeben Verteilungen der Bremsarbeit auf das Zugfahrzeug und Anhängefahrzeug von größerer Adhäsionsähnlichkeit und kleinerer Verschleißähnlichkeit bis zu kleinerer Adhäsionsähnlichkeit und größerer Verschleißähnlichkeit zwischen Zugfahrzeug und Anhängefahrzeug.

Das Achslastverhältnis wird ermittelt aus dem statischen Druckverhältnis und dem Radbremsverhältnis. Das Radbremsverhältnis wird aus bekannten sogenannten Q-Faktoren für die Vorderachse und die Hinterachse des Zugfahrzeugs ermittelt, die die bezogenen Bremskräfte an der Vorder- und Hinterachse darstellen und die wie bekannt aus den Nennmomenten der verbauten Bremsen und den dynamischen Reifenradien berechnet werden. Das Achslastverhältnis kann auch auf andere Weise ermittelt werden, beispielsweise mit Hilfe von Achslastsensoren an der Vorder- und Hinterachse oder auch nur an der Hinterachse des Zugfahrzeugs.

Aus dem Achslastverhältnis und dem Spannenergie-Bezugswert κ werden dann die Spannenergie-Niveauwerte des Zugfahrzeugs und des Anhängefahrzeugs ermittelt.

Das erfindungsgemäße Verfahren weist im Wesentlichen folgende Vorteile auf: Es wird eine schnellere Adaption durch die direkte Abhängigkeit von κ beider Teilfahrzeuge sowie durch die Vorbelegung der Koppelkraft bestimmenden Größen vor jeder Bremsung - auch vor der ersten Bremsung - erreicht. Es sind weniger Regeleingriffe während der laufenden Bremsung notwendig, wodurch sich unter ande-

rem ein höherer Bremskomfort ergibt. Es ergeben sich geringere Totzeiten und dadurch geringere Soll-Ist-Abweichungen. Das erfindungsgemäße Verfahren ist universell einsetzbar.

- 5 Die Erfindung soll nachfolgend anhand der beigefügten Zeichnung näher erläutert.

Es zeigen:

- 10 Fig. 1 ein Flussdiagramm des erfindungsgemäßen Verfahrens,

- Fig. 2a-2j Diagramme (Kennlinienfelder), die die Abhängigkeit des Zuspännenergie-Niveaus des Zugfahrzeugs und des Anhängefahrzeugs (BDN-Z und BDN-A) vom Zuspännenergie-Bezugswert (κ) und vom Achslastverhältnis (ALV) bei Anwendung unterschiedlicher, die Bremsarbeit unterschiedlich auf die Teilfahrzeuge aufteilender Einflussfaktoren wiedergeben,
- 15
- 20

- Fig. 3a-3e Darstellungen einer Fahrzeugkombination mit einem Zugfahrzeug und einem Anhängefahrzeug mit zwei Achsen in unterschiedlichen Beladungszuständen unter Angabe der Achslasten (AL) der Gesamtbeladung, der Beladungsverteilung, der Zuspännenergie-Niveaus (BDN-Z und BDN-A) für das Zugfahrzeug und das Anhängefahrzeug und des Zuspännenergie-Bezugswertes (κ),
- 25

- 30 Fig. 4 Fahrzeugkombinationen mit ein, zwei und drei Achsen des Anhängefahrzeugs im Vergleich bei unterschiedlichen Beladungszuständen,

- 35 Fig. 5a-5i Fahrzeugkombinationen mit einem Zugfahrzeug

und einem Anhängerfahrzeug mit zwei Achsen in unterschiedlichen Beladungszuständen unter Angabe der Gesamtladungsverteilung, der Achslast (AL), des Achslastverhältnisses (ALV), der Zuspännenergie-Niveaus (BDN-Z, BDN-A) des Zugfahrzeugs und Anhängerfahrzeugs und des Zuspännenergie-Bezugswertes (κ) bei Anwendung von drei unterschiedlichen Einflussfaktoren (E) (100 %, 50 %, 0 %),

Fig. 6a-6e Fahrzeugkombinationen mit einem Zugfahrzeug und einem Anhängerfahrzeug mit zwei Achsen in unterschiedlichen Beladungszuständen (ohne Beladung, Last nur auf Zugfahrzeug, Last nur auf Anhängerfahrzeug, Beladung gleichmäßig verteilt und Volllast auf Zugfahrzeug und Anhängerfahrzeug) unter Anwendung eines Einflussfaktors (E) von 100 %,

Fig. 7a-7e Fahrzeugkombinationen mit einem Zugfahrzeug und einem Anhängerfahrzeug mit zwei Achsen in unterschiedlichen Beladungszuständen wie bei Fig. 6 unter Anwendung eines Einflussfaktors (E) von 0 % und

Fig. 8 ein Diagramm, das die Beziehung zwischen dem Zuspännenergie-Niveau (BDN-Z) des Zugfahrzeugs und dem Achslastverhältnis (ALV) zeigt.

Bei dem in Fig. 1 gezeigten Verfahren zur Zuspännenergieregulierung (in der Fig. 1 ist als Zuspännenergie Bremsdruck bzw. Druck angegeben) einer Fahrzeugkombination, die ein mit einem elektronisch geregelten Bremssystem (EBS) ausgestattetes Zugfahrzeug und ein Anhängerfahrzeug aufweist, wird nach dem Start in Schritt S1 in einem zweiten

Schritt S2 überprüft, ob das Bremspedal betätigt ist bzw. ein Bremswertgebersignal ausgegeben wird. Falls dies der Fall ist, wird gemäß dem rechten Zweig in einem Schritt J1 ein Verzögerungs-Sollwert Z_{Soll} aus den Bremswertgebersignalen erzeugt und eingelesen. In einem nachfolgenden Schritt J2 wird ein Zuspannenergie-Bezugswert κ ermittelt. Die Fahrzeugverzögerungsregelung ermittelt den Zuspannenergie-Bezugswert κ aus einem Vergleich des Verzögerungs-Sollwerts Z_{Soll} mit dem Verzögerungs-Istwert Z_{Ist} .

10

In einem nachfolgenden Schritt J3 ermittelt eine Differenzschlupfregelung DSR der EBS-Anlage das statische Verhältnis zwischen der Vorderachs- und Hinterachs-Zuspannenergie (Zuspannenergieverhältnis) k_{stat} des Zugfahrzeugs. Dies kann entsprechend einem Algorithmus erfolgen, wie er z. B. in der EP 0 445 575 B1 beschrieben ist. Hierbei bedeutet statisch die Belastungssituation bei stehendem Fahrzeug.

20

In einem nachfolgenden Schritt J4 wird der Zuspannenergie-Sollwert des Zugfahrzeugs P-Soll-Z ermittelt aus der Beziehung

$$P-Soll-Z \sim BDN-Z \cdot Z_{Soll} \cdot (\kappa/\kappa_{alt}).$$

25

In einem Schritt J5 wird anschließend der Zuspannenergie-Sollwert P-Soll-A des Anhängers A ermittelt aus der Beziehung

$$P-Soll-A \sim BDN-A \cdot Z_{Soll} \cdot (\kappa/\kappa_{alt}),$$

BDN-Z, BDN-A und κ jeweils in bar/g.

30

Falls keine Bremspedalbetätigung vorliegt, d. h. die Bremswertgebersignale Null sind, wird in dem linken Zweig der Fig. 1 in einem Schritt N1 zunächst der letzte, ggf. gefilterte Zuspannenergie-Bezugswert κ der Fahrzeugverzögerungsregelung gespeichert als:

35

kappa-alt = kappa

Nachfolgend wird in einem Schritt N2 ein Radbremsverhältnis RBV als Quotient eines Q-Faktors Q-VA der Vorderachse und eines Q-Faktors Q-HA der Hinterachse ermittelt. Diese Q-Faktoren sind als solche bereits aus dem Stand der Technik bekannt. Sie stellen die bezogene Bremskraft am Rad bzw. an der Achse als Kraft pro Druck, d. h. in der Einheit kN/bar dar. Die Q-Faktoren Q-VA und Q-HA der Vorder- und Hinterachse VA, HA werden über die Nennmomente M-BR der verbauten Bremsen in der Dimension Drehmoment pro Druck kNm/bar und die dynamischen Reifenradien r-dyn in m berechnet, d. h. $Q = \frac{M-BR}{r-dyn}$.

Im nächsten Schritt N3 wird ein Achslastverhältnis ALV als Produkt des Radbremsverhältnisses RBV und des in Schritt J3 ermittelten statischen Druckverhältnisses k-stat ermittelt.

Das Achslastverhältnis ALV kann auch aus Signalen von Achslastsensoren des Zugfahrzeugs ermittelt werden. Sind an der Vorder- und Hinterachse des Zugfahrzeugs Achslastsensoren angeordnet, kann das Achslastverhältnis direkt aus deren Signalen ermittelt werden. Es ist aber auch ausreichend, nur an der Hinterachse des Zugfahrzeugs Achslastsensoren anzuordnen, da auch aus deren Signalen das Achslastverhältnis ermittelt werden kann, da in der Regel bei einem Zugfahrzeug, insbesondere in Form einer Sattelzugmaschine, die Vorderachslast und die Hinterachslast in einem festen Verhältnis zueinander stehen.

In den nachfolgenden Schritten N4 und N5 werden die Spannenergie-Niveaus BDN-Z und BDN-A anhand der Kennlinienfelder nach den Fig. 2a und 2b ermittelt aus den ermittel-

ten Daten für ALV und kappa. In einer ungebremsten Phase werden die Spannenergie-Sollwerte gemäß Schritt N6 auf Null gesetzt. Danach erfolgt der Rücksprung zum Start.

5 Beispielhaft sollen nachfolgend zwei Fälle mit Zahlenbeispiel betrachtet werden:

10 In einem ersten Fall A liegt die gesamte Last, wie beispielsweise in Fig. 3b gezeigt, auf dem Zugfahrzeug und in einem zweiten Fall B liegt die gesamte Last auf dem Anhängerfahrzeug, wie in Fig. 3d gezeigt. Das Spannenergie-Niveau für das Zugfahrzeug BDN-Z ist nur vom Achslastverhältnis ALV abhängig, das in der Fig. 2a als Parameter eingezeichnet ist. Das Spannenergie-Niveau BDN-A des An-
15 hängerfahrzeugs ist außer vom Achslastverhältnis ALV auch vom Spannenergie-Bezugswert kappa abhängig, vgl. Fig. 2b.

Fall A:

$$\text{kappa} = \frac{22 \text{ t}}{36 \text{ t}} \cdot 8,5 \text{ bar/g} = 5,2 \text{ bar/g}$$

20 $\text{BDN-Z} = \frac{18 \text{ t}}{18 \text{ t}} \cdot 8,5 \text{ bar/g} = 8,5 \text{ bar/g}$

$$\text{BDN-A} = \frac{4 \text{ t}}{18 \text{ t}} \cdot 8,5 \text{ bar/g} = 1,9 \text{ bar/g}$$

Fall B:

$$\text{kappa} = \frac{28 \text{ t}}{36 \text{ t}} \cdot 8,5 \text{ bar/g} = 6,6 \text{ bar/g}$$

25 $\text{BDN-Z} = \frac{10 \text{ t}}{18 \text{ t}} \cdot 8,5 \text{ bar/g} = 4,7 \text{ bar/g}$

$$\text{BDN-A} = \frac{18 \text{ t}}{18 \text{ t}} \cdot 8,5 \text{ bar/g} = 8,5 \text{ bar/g}$$

Es können praktisch sämtliche Beladungszustände der Fahrzeugkombination berücksichtigt werden.

30

Erfindungsgemäß können hierbei insbesondere Anhänger-

fahrzeuge ohne automatisch lastabhängige Bremsdruckregelung (ALB) geregelt werden; das Verfahren ist jedoch auch für Anhängerfahrzeuge mit ALB anwendbar. Hierbei kann insbesondere ein Wechsel zwischen aktivierter und nicht aktivierter
5 ALB-Funktion erfolgen.

Die Fig. 3a-3e zeigen die physikalischen Zusammenhänge von verschiedenen Beladungszuständen einer Fahrzeugkombination aus einem Zugfahrzeug und einem Anhängerfahrzeug mit
10 zwei Achsen, wobei die Größen Achslasten (AL), Summe der Achslasten (SAL-T) für jedes Teilfahrzeug und für die Fahrzeugkombination (SAL-K) das Achslastverhältnis (ALV) des Zugfahrzeugs, Zuspannenergie-Bezugswert κ und die Zuspannenergie-Niveaus BDN-Z und BDN-A des Zug- und Anhängerfahrzeugs dargestellt sind.
15

Die Fig. 4 zeigt die physikalischen Zusammenhänge von verschiedenen Beladungszuständen von Fahrzeugkombinationen mit einer, zwei und drei Anhängerfahrzeugachsen.
20

Die Fig. 2a-2j zeigen im Programm eines elektronisch geregelten Bremssystems (EBS) (nicht dargestellt) einer Fahrzeugkombination abgelegte Kennlinienfelder. Jedes Kennlinienfeld weist eine Parallelschar von Geradenabschnitten
25 auf, die verschiedenen Achslastverhältnissen (ALV) zugeordnet sind und deren Endpunkte in den jeweiligen Arbeitsbereich der Zuspannenergieregulierung bestimmendes Parallelogramm P bilden. Die verschiedenen Parallelscharen von Geraden weisen unterschiedliche Steigungen auf, die unterschiedlichen Einflussfaktoren (E) zugeordnet sind.
30

Diese Einflussfaktoren (E) können beliebig zwischen einem Maximalwert (100 %) und einem Minimalwert (0 %) gewählt werden. Bei Wahl des Maximalwertes (100 %) hängt das Zuspannenergie-Niveau (BDN-Z) des Zugfahrzeugs nur vom Achs-
35

lastverhältnis (ALV) und das Zuspannenergie-Niveau (BDN-A) des Anhängefahrzeugs vom Achslastverhältnis (ALV) und vom Zuspannenergie-Bezugswert (κ) ab, vgl. Fig. 2a, 2b. Bei diesem Kennlinienfeld für das Zugfahrzeug verlaufen die

5 Kennlinien für die verschiedenen Achslastverhältnisse parallel zur X-Achse. Bei Wahl des Minimalwertes (0 %) hängen die Zuspannenergie-Niveaus (BDN-Z, BDN-A) des Zugfahrzeugs und des Anhängefahrzeugs nur vom Zuspannenergie-Bezugswert (κ) ab, vgl. Fig. 2i, 2j.

10

Die den unterschiedlichen Einflussfaktoren (E) zugeordneten Kennlinienfelder der Zuspannenergie-Niveaus des Zugfahrzeugs und Anhängefahrzeugs BDN-Z und BDN-A werden durch Drehen der Achslastverhältnis-Geraden um ihre Schnittpunkte

15 mit Diagonalen D_1 , D_2 der Parallelogramme P_1 , P_2 zur Diagonalen hin erhalten, wobei die Diagonalen die Punkte der Zuspannenergie-Niveaus für volle Beladung (ALV = 0,65, BDN-Z = 8,5 und BDN-A = 8,5) des Fahrzeugzugs und für den Fahrzeugzug ohne Beladung (ALV = 1,5, BDN-Z = 4,7 und

20 BDN-A = 1,9), d. h. die Punkte der vorgegebenen Grenzwerte verbindet. Die Achslastverhältnis-Geradenschar für das Zuspannenergie-Niveau des Zugfahrzeugs BDN-Z ist von der Steigung 0 (vgl. Fig. 2a), die den dem Maximalwert (100 %) des Einflussfaktors (E) zugeordneten Kennlinien entspricht,

25 bis zu der Steigung der Diagonalen D_1 des Parallelogramms P_1 drehbar, vgl. Fig. 2a und 2i. Analog ist die Achslastverhältnis-Geradenschar für die Zuspannenergie-Niveaus des Anhängefahrzeugs von der in Fig. 2b gezeigten Stellung, die den dem Maximalwert (100 %) des Einflussfaktors (E) zuge-

30 ordneten Kennlinien entspricht, bis zur Steigung der Diagonalen D_2 des Parallelogramms P_2 drehbar. Im letzteren Falle fallen sämtliche Geraden der Achslastverhältnis-Geradenschar zu einer mit der Diagonalen gleichen Geraden zusammen, die der dem Minimalwert (0 %) des Einflussfaktors (E)

35 zugeordneten Kennlinie entspricht, vgl. Fig. 2b und 2j.

Beispiele für weitere verschiedenen Einflussfaktoren zugeordneten Kennlinienfeldern zeigen die Fig. 2c-2h, wobei die Kennlinienfelder nach Fig. 1c, 1d einem Einflussfaktor von 75 %, die Kennlinienfelder nach den Fig. 2e und 2f einem Einflussfaktor von 50 % und die Kennlinienfelder nach den Fig. 2g und 2h einem Einflussfaktor von 25 % zugeordnet sind.

10 Dies soll nachfolgend in Verbindung mit den Fig. 5-7 näher erläutert werden.

Die Fig. 5 zeigt eine Fahrzeugkombination mit einem Zugfahrzeug und einem Anhängerfahrzeug mit zwei Achsen in unterschiedlichen Beladungszuständen bei Anwendung von drei unterschiedlichen Einflussfaktoren (100 %, 50 % und 0 %). Es werden jeweils drei unterschiedliche Beladungen [Last nur auf Zugfahrzeug (li. Spalte in Fig. 5), Last nur auf Anhängerfahrzeug (re. Spalte in Fig. 5) und Last gleichmäßig verteilt auf Zug- und Anhängerfahrzeug (mittlere Spalte in Fig. 5)] für die drei unterschiedlichen Einflussfaktoren verglichen.

1. Fall: Maximale Beladung nur auf dem Zugfahrzeug (li. Spalte in Fig. 5), nämlich 18 t, dies bedeutet bei einem Leergewicht des Anhängerfahrzeugs von 4 t eine Gesamtbeladung von 22 t. Hieraus ergibt sich ein Achslastverhältnis ALV von 0,65 und ein Zuspännenergie-Bezugswert κ von 5,2. Bei Anwendung eines Einflussfaktors von 100 % (li. Spalte oben) ergeben sich aus den Kennlinienfeldern der Fig. 2a und 2b ein Zuspännenergie-Niveau von 8,5 für das Zugfahrzeug und von 1,9 für das Anhängerfahrzeug. Dies stellt das oben beschriebene erste Extrem dar. Es ergeben sich gleiche Adhäsionsverhältnisse für Zugfahrzeug und Anhängerfahrzeug und eine Koppelkraft gleich Null.

Bei Anwendung eines Einflussfaktors (E) von 0 % (li. Spalte unten) bleiben zunächst das Achslastverhältnis ALV und der Spannenergie-Bezugswert kappa unverändert, da die Beladungsverteilung unverändert ist. Gemäß den zugeordneten Kennlinienfeldern nach den Fig. 2i und 2j ergeben sich für diesen Fall Spannenergie-Niveaus von 6,1 für das Zugfahrzeug und 4,3 für das Anhängfahrzeug. Dies stellt das oben beschriebene zweite Extrem dar.

Bei Anwendung eines Einflussfaktors (E) von 50 % (li. Spalte Mitte) bleiben zunächst ebenfalls das Achslastverhältnis ALV und der Spannenergie-Bezugswert kappa unverändert, da sich ja die Beladungsverteilung nicht verändert hat. Aus den Kennlinienfeldern der Fig. 1e und 1f ergeben sich Spannenergie-Niveaus von 7,3 für das Zugfahrzeug und von 3,1 für das Anhängfahrzeug.

Bei Wahl eines Einflussfaktors von 50 % ergeben sich Spannenergie-Werte, die ersichtlich genau in der Mitte zwischen den beiden Extrema (100 % und 0 %) liegen, nämlich bei 50 % $\cdot (\text{BDN-Z (100 \%)} - \text{BDN-Z (0 \%)}) = 0,5 \cdot (8,5 + 6,1) = 7,3$ für das Zugfahrzeug und entsprechend $0,5 \cdot (1,9 + 4,3) = 3,1$ für das Anhängfahrzeug.

Von der Wirkung her bedeutet dies, dass sich z. B. das Zugfahrzeug und Anhängfahrzeug nicht mehr direkt selbst abbremsen entsprechend ihren Achslasten, wie dies bei einem Einflussfaktor von 100 % der Fall ist, sondern dass die Bremsarbeit entsprechend dem Einflussfaktor auf die beiden Teilfahrzeuge verteilt wird. Das Anhängfahrzeug muss entsprechend mehr Bremsarbeit übernehmen und das Zugfahrzeug entsprechend weniger. Es wird also nicht mehr gleiche Adhäsion und Koppelkraft gleich Null angestrebt sondern das Ziel geht mehr in Richtung ähnlicher Verschleiß und man

nimmt Koppelkraft ungleich Null und ungleiche Adhäsion zwischen den Teilfahrzeugen in Kauf.

Bei einem Einflussfaktor $E = 0 \%$ verschiebt sich das
5 Verhältnis noch weiter in Richtung mehr Bremsarbeit durch
das Anhängfahrzeug, nämlich von 1,9 bis 4,3 und es wird
eine größere Annäherung an ähnlichen Verschleiß zwischen
Zugfahrzeug und Anhängfahrzeug erreicht, wobei sich eben-
falls eine Koppelkraft ungleich Null und ungleiche Adhäsion
10 zwischen beiden Teilfahrzeugen ergeben. Bei Anwendung des
Einflussfaktors $E = 0 \%$ wird keine Rücksicht genommen auf
den Schwerpunkt der Ladung; es wird die Ist-Fahrsituation
bewertet. Die Spannenergie-Niveaus hängen nur vom Zu-
spannenergie-Bezugswert κ ab, vgl. auch Fig. 2i, 2j.

15

2. Fall: Beladung nur auf dem Anhängfahrzeug, und zwar
maximale Last, nämlich 18 t (re. Spalte in Fig. 5), so dass
sich eine Gesamtlast von 28 t ergibt, von denen 10 t auf
das Leer-Zugfahrzeug entfallen. Daraus ergibt sich ein
20 Achslastverhältnis ALV von 1,5 und ein Spannenergie-
Bezugswert κ von 6,6. Dies ergibt bei Anwendung eines
Einflussfaktors von 100 % ein Spannenergie-Niveau von 4,7
für das Zugfahrzeug und von 8,5 für das Anhängfahrzeug,
vgl. Fig. 2a und 2b.

25

Bei Anwendung eines Einflussfaktors E von 0 % ergeben
sich bei unveränderten Bedingungen ein Spannenergie-
Niveau von 7,1 für das Zugfahrzeug und 6,1 für das Anhäng-
fahrzeug, vgl. Fig. 2i und 2j.

30

Bei Anwendung eines Einflussfaktors E von 50 % ergeben
sich aus den Kennlinienfeldern nach den Fig. 2e und 2f Zu-
spannenergie-Niveaus von 5,9 für das Zugfahrzeug und von
7,3 für das Anhängfahrzeug. Diese Werte liegen wieder ex-
35 akt zwischen den Werten, die sich ergeben bei Anwendung ei-

nes Einflussfaktors von 100 % und eines Einflussfaktors von 0 %.

3. Fall: Beladung mittig, gleichmäßig verteilt auf Zug- und Anhängefahrzeug (mittlere Spalte in Fig. 5). Bei einer Gesamtbelastung von 25 t ergibt sich ein Achslastverhältnis ALV von 0,9 und ein Spannenergie-Bezugswert κ von 5,9. Unter Zugrundelegung dieser Werte und der Einflussfaktoren $E = 100\%$, 50% und 0% ergeben sich für alle Einflussfaktoren aus den Kennlinienfeldern der Fig. 2a, 2b, 2e, 2f, 2i, 2j gleiche Spannenergie-Niveaus für das Zugfahrzeug und Anhängefahrzeug, nämlich von 6,6 für das Zugfahrzeug und 5,2 für das Anhängefahrzeug.

In den erläuterten Kennlinienfeldern zur Ermittlung der Spannenergie-Niveauwerte (BDN-Z) des Zugfahrzeugs (Z) und (BDN-A) des Anhängefahrzeugs (A) aus dem Spannenergie-Bezugswert (κ) wird als Parameter das Achslastverhältnis (ALV) verwendet. Da, wie oben schon erläutert, bei einer Soll-Zugmaschine in der Regel die Vorderachslast und die Hinterachslast in einem festen Verhältnis zueinander stehen, kann in diesem Fall statt des Achslastverhältnisses auch die Hinterachslast, die eine zum Achslastverhältnis äquivalente Größe darstellt, als Parameter für die Kennlinienfelder benutzt werden.

In den Fig. 6a-6e sind Fahrzeugkombinationen mit einem Zugfahrzeug und einem Anhängefahrzeug mit zwei Achsen bei verschiedenen Beladungszuständen dargestellt bei Anwendung eines Einflussfaktors $E = 100\%$. Die Fig. 6a, 6c, 6e entsprechen den Fig. 5a, 5b, 5c, so dass auf die obige Erläuterung zu Fig. 5 verwiesen werden kann.

Fig. 6d zeigt eine Fahrzeugkombination ohne Beladung, d. h., dass das Achslastverhältnis 1,5 beträgt und der Zu-

spannenergie-Bezugswert $\kappa = 3,3$ bei dem zugeordneten Leergewicht von 14 t. Hieraus ergeben sich Spannenergie-Niveaus BDN-Z von 4,7 für das Zugfahrzeug und BDN-A von 1,9 für das Anhängfahrzeug, vgl. die Kennlinienfelder nach den

5 Fig. 2a und b. Das Spannenergie-Niveau für das Zugfahrzeug ist höher als das Spannenergie-Niveau für das Anhängfahrzeug wegen des höheren Leergewichtes des Zugfahrzeugs, das 10 t beträgt, während das Gewicht des Anhängfahrzeugs nur 4 t beträgt. Die Bremsen des Zugfahrzeugs

10 werden somit einen höheren Verschleiß aufweisen als die Bremsen des Anhängfahrzeugs, weil ja schon die Leermasse des Zugfahrzeugs höher ist als die Leermasse des Anhängfahrzeugs.

15 Die Fig. 6c zeigt die Fahrzeugkombination mit einer mittigen gleichmäßigen Teilbeladung, woraus sich ein Achslastverhältnis von 0,9 und bei einer angenommenen Gesamtlast von 25 t ein Spannenergie-Bezugswert κ von 5,9 ergibt. Geht man mit diesen Daten in das entsprechende

20 Kennlinienfeld nach Fig. 2a und 2b, so ergeben sich Spannenergie-Niveaus von 6,6 für das Zugfahrzeug und 5,2 für das Anhängfahrzeug.

25 Die Fig. 6b zeigt die Fahrzeugkombination bei Vollbeladung mit 18 t Last auf dem Zugfahrzeug und 18 t Last auf dem Anhängfahrzeug, so dass sich eine Gesamtlast von 36 t ergibt. Hieraus ergeben sich ein Achslastverhältnis ALV von 0,65 und ein Spannenergie-Bezugswert κ von 8,5. Mit diesen Werten ergeben sich anhand der Kennlinienfelder nach

30 den Fig. 2a, 2b Spannenergie-Niveaus von 8,5 des Zugfahrzeugs und 8,5 für das Anhängfahrzeug. Dies sind entsprechend der maximalen Belastung von 36 t die Extremwerte der Spannenergie-Niveaus des Zugfahrzeugs und Anhängfahrzeugs.

Die Fig. 7a-7e zeigen die gleichen Beladungsverhältnisse bei einer Fahrzeugkombination mit einem Zugfahrzeug und einem Anhängerfahrzeug mit zwei Achsen wie die Fig. 6a-6e, allerdings jetzt bei Anwendung eines Einflussfaktors

5 E = 0 %. Die Fig. 7a, 7c und 7e entsprechen den Fig. 5g, 5h und 5i, so dass auf die obige Erläuterung zu Fig. 5 verwiesen werden kann.

Die Fig. 7d zeigt die Fahrzeugkombination ohne Beladung, die Fig. 7c zeigt den Fahrzeugzug mit gleichmäßiger Teilbeladung und die Fig. 7e den Fahrzeugzug voll beladen. Anhand der Kennlinienfelder nach den Fig. 2i und 2j ergeben sich die aus der Zeichnung ersichtlichen Spannenergie-Niveaus BDN-Z = 4,7 und BDN-A = 1,9 bei leerem Fahrzeug,
15 BDN-Z = 6,6 und BDN-A = 5,2 bei der Beladung nach Fig. 7c und BDN-Z = BDN-A = 8,5 bei voll beladenem Fahrzeug für das Zugfahrzeug und Anhängerfahrzeug, wobei hier die Achslastverhältnisse keine Rolle spielen.

20 Analog ergeben sich Spannenergie-Niveaus für alle beliebigen Einflussfaktoren E zwischen den Extremwerten 100 % und 0 % entsprechend den Beziehungen

$$\begin{aligned} \text{BDN-Z (x \%)} &= (\text{x \%}) \cdot [\text{BDN-Z (100 \%)} - \text{BDN-Z (0 \%)}] \text{ und} \\ \text{BDN-A (x \%)} &= (\text{x \%}) \cdot [\text{BDN-A (100 \%)} - \text{BDN-A (0 \%)}]. \end{aligned}$$

25

Bei sämtlichen weiteren Einflussfaktoren liegt im Prinzip eine Koppelkraftregelung vor - allerdings nicht mit dem Ziel gleiche Adhäsion für die Teilfahrzeuge und Koppelkraft gleich Null, wie für E = 100 %, was bedeutet, dass bei
30 spielsweise bei einer Beladung nur auf dem Zugfahrzeug dieses Zugfahrzeug unterbremst wird. Normalerweise müsste das Spannenergie-Niveau des Zugfahrzeugs beispielsweise bei voller Beladung nur des Zugfahrzeugs 8,5 betragen; bei Anwendung eines Einflussfaktors kleiner als 100 % beträgt je-
35 doch das Spannenergie-Niveau weniger als 8,5 bar/g. Die

somit durch den Einflussfaktor sich ergebende geringere Bremsarbeit des Zugfahrzeugs wird durch das Anhängefahrzeug kompensiert, das eine entsprechend höhere Bremsarbeit zu erbringen hat.

5

Bei Anwendung eines Einflussfaktors von 0 % kann beim erfindungsgemäßen Verfahren nach Fig. 1 auf die Schritte N2 und N3 verzichtet werden.

10 Das normalerweise zentrale Regelungsziel Koppelkraft gleich Null und gleiche Adhäsion wird, wie schon ausgeführt, nur durch den Einflussfaktor 100 % erzielt, wobei sich allerdings bei ungleichmäßiger Beladungsverteilung ein ungleicher Verschleiß zwischen Zugfahrzeug und Anhängefahrzeug ergibt. Diese Zuspannenergieregung geht davon aus, 15 dass die Bremsen des Zugfahrzeugs und des Anhängefahrzeugs genau die Bremsarbeit leisten, die sich aus dem berechneten Werten ergibt, was den Idealfall darstellt, der aber in der Praxis nie gegeben ist, weil immer Störgrößen, wie temperaturbedingte Reibwertänderungen, verölte Bremsen, Überladung 20 eines Teilfahrzeugs oder der Fahrzeugkombination etc. - eine unterschiedliche Beladungsverteilung stellt letztendlich auch eine Störgröße dar - vorhanden sind. In der Praxis strebt man daher mehr ähnlichen Verschleiß an und nimmt dafür eine Koppelkraft ungleich Null und unterschiedliche Adhäsionen in Kauf und wählt dazu einen Einflussfaktor kleiner als 100 %, wodurch Störgrößeneinflüsse auf beide Teilfahrzeuge entsprechend dem Einflussfaktor aufgeteilt werden. 25

30

So besteht beispielsweise im Falle der Beladung nur des Anhängefahrzeugs bei zu heißen Anhängefahrzeugbremsen die Gefahr, dass sich die Bremsleistung des Anhängefahrzeugs verringert, wodurch die Regelung mehr Zuspannenergie einsteuert, wodurch die heißen Bremsen noch heißer werden und 35

sich so die Temperatur und die eingesteuerte Zuspnnenergie immer weiter aufschaukeln. So besteht im Falle von Störgrößen, beispielsweise bei zu heißen Bremsen eines Teilfahrzeugs und einer Zuspnnenergieregung mit einem Einflussfaktor von 100 % die Gefahr einer wesentlichen Beeinträchtigung oder sogar Ausfalls der Bremsleistung, dadurch, dass durch die Störgröße die Bremsleistung des betreffenden Teilfahrzeugs abfällt und zur Kompensierung des Bremsleistungsabfalls mehr Zuspnnenergie eingesteuert wird, mit der Folge, dass die Temperatur sich weiter erhöht und letztendlich Zuspnnenergie und Temperatur immer weiter steigen. Bei Wahl eines Einflussfaktors kleiner als 100 % beispielsweise von 50 % wird diese Gefahr beträchtlich verringert, weil ein Teil der Bremsarbeit auf das andere Teilfahrzeug übertragen wird und die Bremsen des betrachteten Teilfahrzeugs durch die geringere Zuspnnenergie und damit geringere Bremsarbeit nicht so heiß werden und ein Kompensationsspielraum bis zur Einregung des maximalen Zuspnnenergie-Niveaus von 8,5 bar/g entsteht.

P a t e n t a n s p r ü c h e

1. Verfahren zur Zuspännenergieregung einer Fahrzeugkom-
5 bination, die ein mit einem elektronisch geregelten
Bremsystem (EBS) ausgestattetes Zugfahrzeug (Z) mit
mindestens einer Vorderachse (VA) und einer Hinterachse
(HA) und ein Anhängefahrzeug (A) mit mindestens einer
10 Anhängerachse (AA1, AA2) aufweist, bei dem bei einer
Bremsbetätigung
- ein Verzögerungs-Sollwert (Z_{Soll}) ermittelt wird (J1),
 - der Verzögerungs-Sollwert (Z_{Soll}) mit einem ermittel-
 - ten Verzögerungs-Istwert (Z_{Ist}) verglichen wird (J2)
 - und
 - 15 - aus dem Vergleich ein aktueller Zuspännenergie-
 - Bezugswert (κ) ermittelt wird (J2),

dadurch gekennzeichnet, dass

- 20 - Zuspännenergie-Sollwerte (P-Soll-Z, P-Soll-A) für
das Zugfahrzeug (Z) und für das Anhängefahrzeug (A)
aus dem Verzögerungs-Sollwert (Z_{Soll}), einem vom ak-
- 25 tuellen Zuspännenergie-Bezugswert (κ) abhängigen
Wert $W = f(\kappa)$, einem Zuspännenergie-Niveau
(BDN-Z) für das Zugfahrzeug (Z) und einem Zuspänn-
- 30 energie-Niveau (BDN-A) für das Anhängefahrzeug (A)
ermittelt werden (J3, J4), unter Verwendung von im
Programm der EBS-Anlage abgelegten Kennlinienfel-
- tern, die die Abhängigkeiten der Zuspännenergie-
- Niveaus (BDN-Z, BDN-A) des Zugfahrzeugs (Z) und des
Anhängefahrzeugs (A) vom Zuspännenergie-Bezugswert
(κ) und/oder vom Achslastverhältnis (ALV) des
Zugfahrzeugs wiedergeben.

- 35 2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass**

die Kennlinienfelder und damit die Spannenergie-
Niveaus (BDN-Z und BDN-A) des Zugfahrzeugs und des An-
hängefahrzeugs in Abhängigkeit von vorgebbaren Ein-
flussfaktoren (E) gewonnen werden, dergestalt, dass die
5 vom Achslastverhältnis (ALV) und der Beladung abhängige
und vom Zugfahrzeug und Anhängefahrzeug zu erbringende
Bremsarbeit auf das Zugfahrzeug und das Anhängefahrzeug
entsprechend dem Einflussfaktor (E) verteilt wird.

10 3. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass
der Einflussfaktor (E) beliebig zwischen einem Maximal-
wert (100 %) und einem Minimalwert (0 %) wählbar ist.

15 4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass
bei Wahl des Maximalwertes (100 %) das Spannenergie-
Niveau (BDN-Z) des Zugfahrzeugs nur vom Achslastver-
hältnis (ALV) und das Spannenergie-Niveau (BDN-A) des
Anhängefahrzeugs vom Achslastverhältnis (ALV) und vom
Spannenergie-Bezugswert (κ) abhängen.

20 5. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass
bei Wahl des Minimalwertes (0 %) die Spannenergie-
Niveaus (BDN-Z, BDN-A) des Zugfahrzeugs und des Anhän-
gefahrzeugs nur vom Spannenergie-Bezugswert (κ)
25 abhängen.

30 6. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeich-**
net, dass jedes Kennlinienfeld eine Parallelschar von
Geradenabschnitten aufweist, die den verschiedenen
Achslastverhältnissen (ALV) zugeordnet sind und deren
Endpunkte ein den jeweiligen Arbeitsbereich der Zu-
spannenergieregulierung bestimmendes Parallelogramm bil-
den, wobei die verschiedenen Parallelscharen von Gera-
den unterschiedliche Steigungen aufweisen, die unter-
35 schiedlichen Einflussfaktoren (E) zugeordnet sind.

7. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die den unterschiedlichen Einflussfaktoren zugeordneten Kennlinienfelder durch Drehen der Achslastverhältnis-Geraden um ihre Schnittpunkte mit einer Diagonalen des Parallelogramms erhalten werden, wobei die Achslastverhältnis-Geradenschar von der Steigung Null, die die dem Maximalwert (100 %) des Einflussfaktors (E) zugeordneten Kennlinien entspricht, bis zu der Steigung der Diagonalen des Parallelogramms drehbar ist, in welchem letzterem Fall sämtliche Geraden der Achslastverhältnis-Geradenschar zu einer mit der Diagonalen gleichen Geraden zusammenfallen, die der dem Minimalwert (0 %) des Einflussfaktors (E) zugeordneten Kennlinie entspricht.
8. Verfahren nach einem der vorigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass nach einer Bremsbetätigung der ermittelte Zuspannenergie-Bezugswert (κ) als vorheriger Zuspannenergie-Bezugswert (κ_{alt}) gespeichert wird (N1).
9. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Zuspannenergie-Niveaus (BDN-Z und BDN-A) des Zug- und Anhängefahrzeugs bereits bei einer Bremsbetätigung in der gebremsten Phase aus dem ermittelten aktuellen Zuspannenergie-Bezugswert (κ) anhand der Kennlinienfelder ermittelt wird.
10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass $W = f(\kappa)$ durch Quotientenbildung aus dem aktuellen Zuspannenergie-Bezugswert und einem vorherigen Zuspannenergie-Bezugswert (κ_{alt}) gemäß der Formel
- $$f(\kappa) = \frac{\kappa}{\kappa_{\text{alt}}} \text{ ermittelt wird.}$$

11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Zuspannenergie-Sollwert (P-Soll-Z) des Zugfahrzeugs (Z) aus einem Produkt des Verzögerungs-Sollwertes (Z_{Soll}), des Zuspannenergie-Niveaus (BDN-Z) für das Zugfahrzeug (Z) und des Verhältnisses des aktuellen Zuspannenergie-Bezugswertes (κ) und des vorherigen Zuspannenergie-Bezugswertes (κ_{alt}) ermittelt wird, gemäß der Formel
- $$P-Soll-Z \sim BDN-Z \cdot (\kappa / \kappa_{alt}) \cdot Z_{Soll}.$$
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1-10, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Zuspannenergie-Sollwert (P-Soll-A) des Anhängefahrzeugs (AA) aus einem Produkt des Verzögerungs-Sollwertes (Z_{Soll}), des Zuspannenergie-Niveaus (BDN-A) für das Anhängefahrzeug (A) und des Verhältnisses des aktuellen Bremsdruck-Bezugswertes (κ) und des vorherigen Bremsdruck-Bezugswertes (κ_{alt}) ermittelt wird, gemäß der Formel
- $$P-Soll-A \sim BDN-A \cdot (\kappa / \kappa_{alt}) \cdot Z_{Soll}.$$
13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Achslastverhältnis (ALV) aus einem ermittelten Radbremsverhältnis (RBV) und einem ermittelten statischen Druckverhältnis (k_{stat}) durch Produktbildung ($k_{ALV} = k_{stat} \cdot RBV$) ermittelt wird.
14. Verfahren nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Radbremsverhältnis (RBV) in einer ungebremsten Phase aus einem ermittelten Bremskraftwert (Q-VA) der Vorderachse (VA) und einem ermittelten Bremskraftwert (Q-HA) der Hinterachse (HA) des Zugfahrzeugs durch Quotientenbildung ($RBV = Q-VA / Q-HA$) ermittelt wird.

15. Verfahren nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet**,
dass das statische Druckverhältnis (k -stat) aus einer
5 Differenzschlupfregelung (DSR) der EBS-Anlage ermittelt
wird.
16. Verfahren nach einem der Ansprüche 1-12, **dadurch ge-
kennzeichnet**, dass das Achslastverhältnis (ALV) aus Si-
10 gnalen von Achslastsensoren der Vorderachse und Hinter-
achse des Zugfahrzeugs ermittelt wird.
17. Verfahren nach einem der Ansprüche 1-12, **dadurch ge-
kennzeichnet**, dass das Achslastverhältnis (ALV) aus Si-
15 gnalen von einem oder mehreren nur an der Hinterachse
des Zugfahrzeugs vorgesehenen Achslastsensoren ermit-
telt wird.
18. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **da-
20 durch gekennzeichnet**, dass anstelle des Achslastver-
hältnisses (ALV) die Zugfahrzeug-Hinterachslast als Pa-
rameter bei der Ermittlung der Zuspannenergie-Niveaus
(BDN-Z und BDN-A) für das Zug- und Anhängefahrzeug ver-
wendet wird, d. h. Kennlinienfelder verwendet werden,
25 die die Abhängigkeiten der Zuspannenergie-Niveaus vom
Zuspannenergie-Bezugswert (κ) und/oder von der Zug-
fahrzeug-Hinterachslast wiedergeben.
19. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **da-
30 durch gekennzeichnet**, dass das Zuspannenergie-Niveau
(BDN-Z) des Zugfahrzeugs (Z) in Abhängigkeit vom Achs-
lastverhältniswert (k -ALV) oder vom Zuspannenergie-
Bezugswert (κ) oder in Abhängigkeit vom Achslast-
verhältnis und vom Zuspannenergie-Bezugswert (κ)

ermittelt wird (N4) $BDN-Z = f(k-ALV)$, $BDN-Z = f(kappa)$ oder $BDN-Z = f(kappa, k-ALV)$ und das Zuspännenergie-Niveau (BDN-A) des Anhängefahrzeugs (A) in Abhängigkeit vom Zuspännenergie-Bezugswert (kappa) oder vom Zuspännenergie-Bezugswert (kappa) und Achslastverhältniswert (k-ALV) ermittelt wird (N5) ($BDN-A = f(kappa)$ oder $BDN-A = f(kappa, kappa-ALV)$) anhand der abgelegten Kennlinienfelder.

10 20. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Zuspännenergie-Niveauwerte (BDN-Z) des Zugfahrzeugs (Z) und (BDN-A) des Anhängefahrzeugs (A) aus dem Zuspännenergie-Bezugswert (kappa) mit dem Achslastverhältnis (ALV) als Parameter
15 mittels linearer oder affiner Gleichungen ermittelt werden.

21. Verfahren nach einem der Ansprüche 1-20, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Zuspännenergie-Niveauwerte
20 (BDN-Z) des Zugfahrzeugs (Z) und (BDN-A) des Anhängefahrzeugs (A) aus dem Zuspännenergie-Bezugswert (kappa) mit der Hinterachslast des Zugfahrzeugs als Parameter mittels linearer oder affiner Gleichungen ermittelt werden.

25 22. Verfahren nach einem der vorigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass in einer ungebremsten Phase die Zuspännenergie-Sollwerte (P-Soll-Z und P-Soll-A) des Zugfahrzeugs (Z) und des Anhängefahrzeugs (A) auf Null gesetzt werden.
30

23. Verfahren nach einem der vorigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein erster Zuspännenergie-Bezugswert (kappa) aus Fahrdynamikdaten, insbesondere der Motor-

leistung und Getriebeübersetzung, und einer ermittelten Masse (M) der Fahrzeugkombination (1) ermittelt wird.

24. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Zuspannenergie-Bezugswert (κ) bei seiner Berechnung gefiltert wird.
- 5

Z u s a m m e n f a s s u n g

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Zuspannenergie-
5 gieregulation einer Fahrzeugkombination, die ein mit einem elektronisch geregelten Bremssystem (EBS) ausgestattetes Zugfahrzeug (Z) mit mindestens einer Vorderachse (VA) und einer Hinterachse (HA) und ein Anhängefahrzeug (A) mit mindestens einer Anhängerachse (AA1, AA2) aufweist, bei dem
10 bei einer Bremsbetätigung ein Verzögerungs-Sollwert (Z_{Soll}) ermittelt wird (J1), der Verzögerungs-Sollwert mit einem ermittelten Verzögerungs-Istwert (Z_{Ist}) verglichen wird (J2) und aus dem Vergleich ein aktueller Zuspannenergie-Bezugswert (κ) ermittelt wird (J2). Um mit diesem Verfahren
15 eine automatisch lastabhängige Bremskraftregelung (ALB-Funktion) für das Anhängefahrzeug durchführen zu können, durch die gegenüber bestehenden Verfahren zur Zuspannenergie-Regelung von Fahrzeugkombinationen ohne Anhängefahrzeug-ALB Verbesserungen geschaffen werden und insbesondere
20 eine schnelle Adaption des Regelungssystems an die jeweiligen Fahr- und Lastverhältnisse erreichbar ist, werden Zuspannenergie-Sollwerte (P-Soll-Z, P-Soll-A) für das Zugfahrzeug und für das Anhängefahrzeug aus dem Verzögerungs-Sollwert, einem vom aktuellen Zuspannenergie-Bezugswert abhängigen Wert, einem Zuspannenergie-Niveau (BDN-Z) für das
25 Zugfahrzeug und einem Zuspannenergie-Niveau (BDN-A) für das Anhängefahrzeug ermittelt (J3, J4), unter Verwendung von im Programm der EBS-Anlage abgelegten Kennlinienfelder, die die Abhängigkeiten der Zuspannenergie-Niveaus des Zugfahrzeugs und des Anhängefahrzeugs vom Zuspannenergie-Bezugswert und/oder vom Achslastverhältnis (ALV) des Zugfahrzeugs
30 wiedergeben.

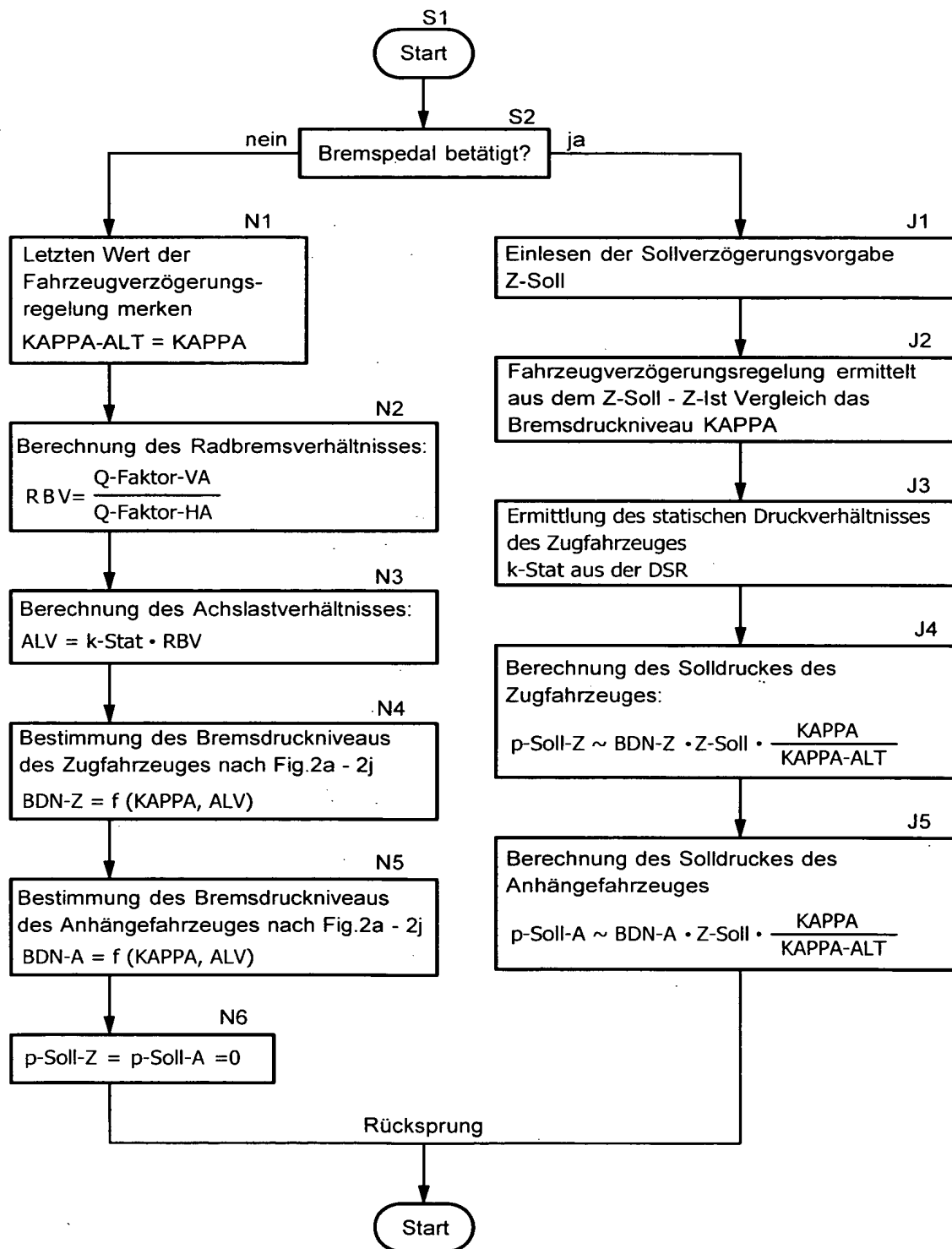
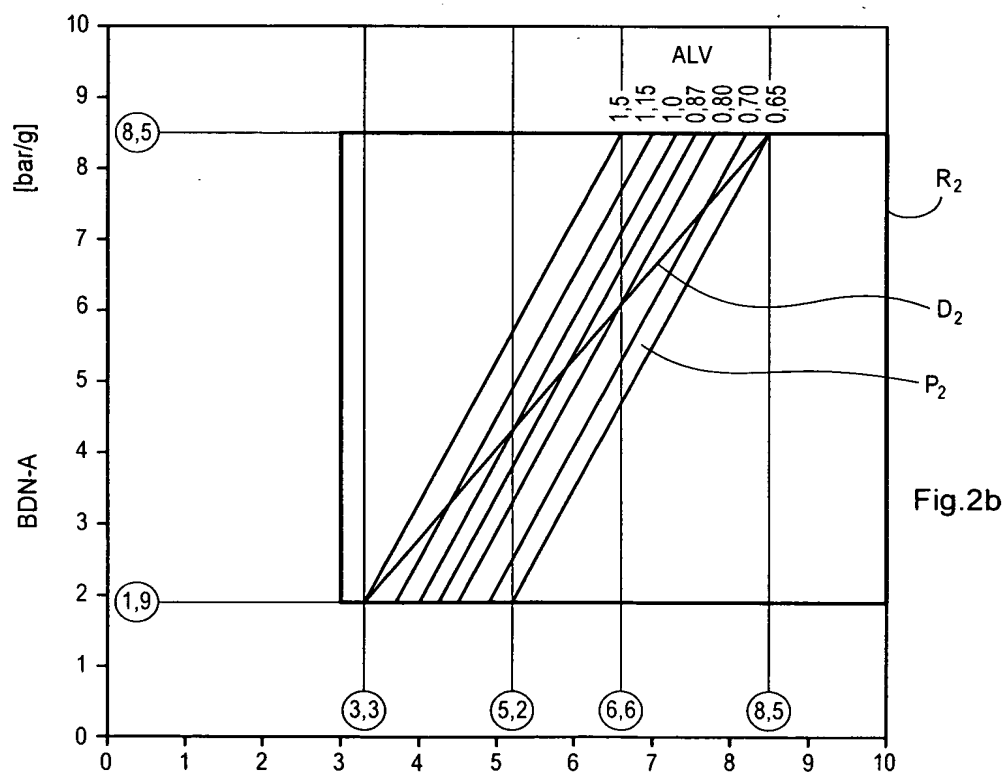
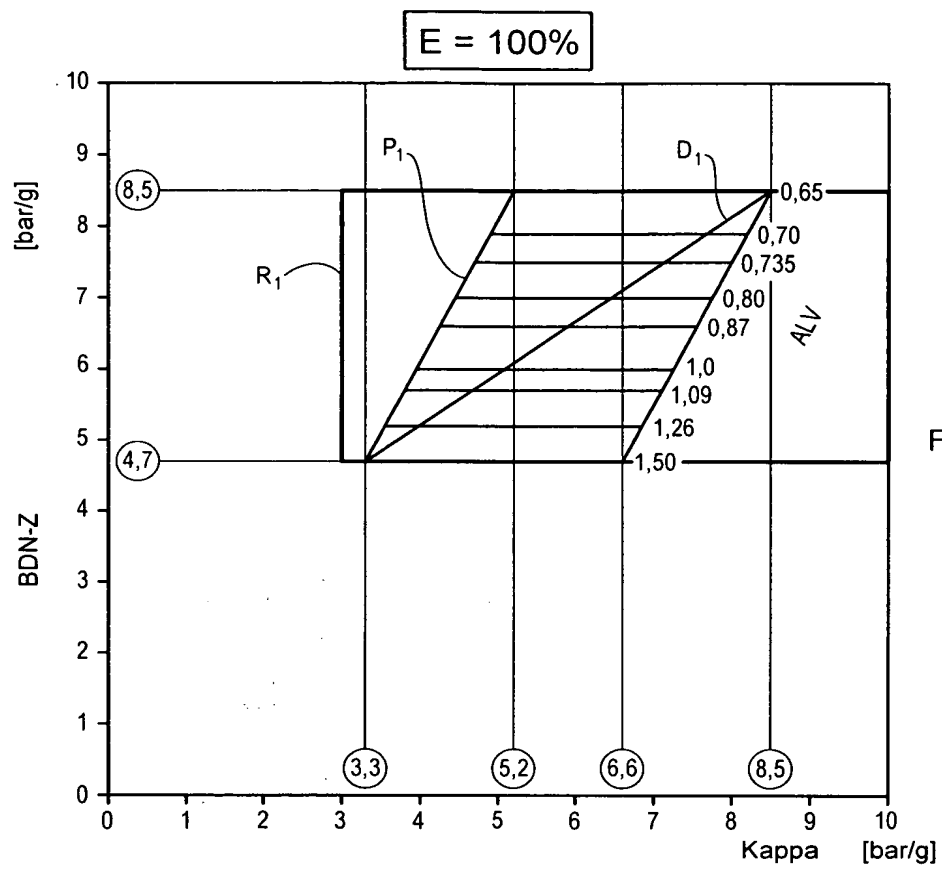
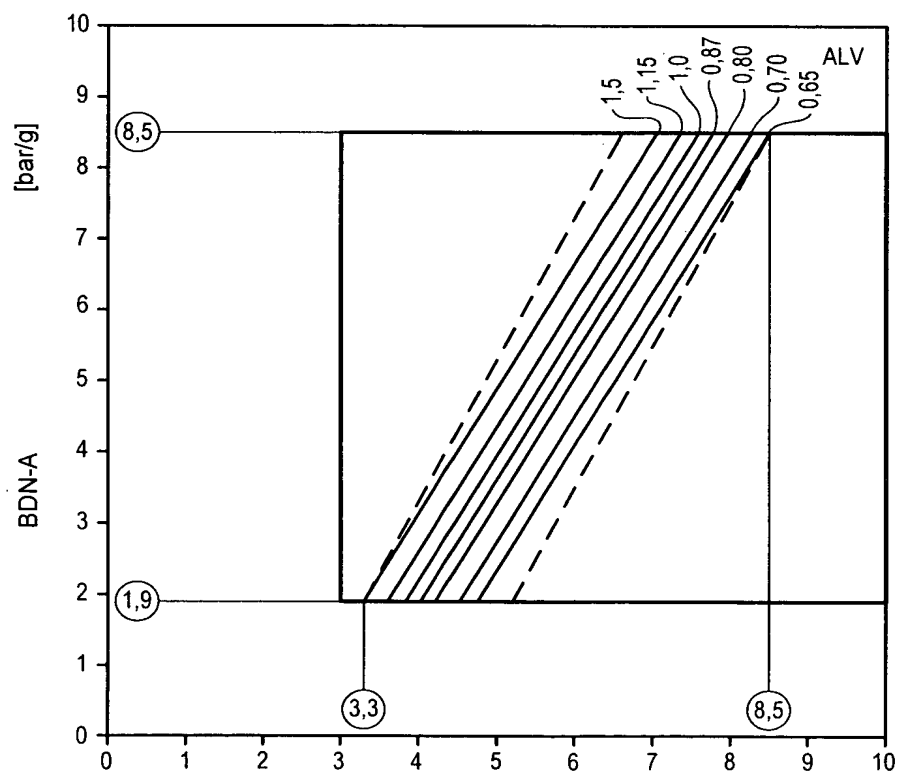
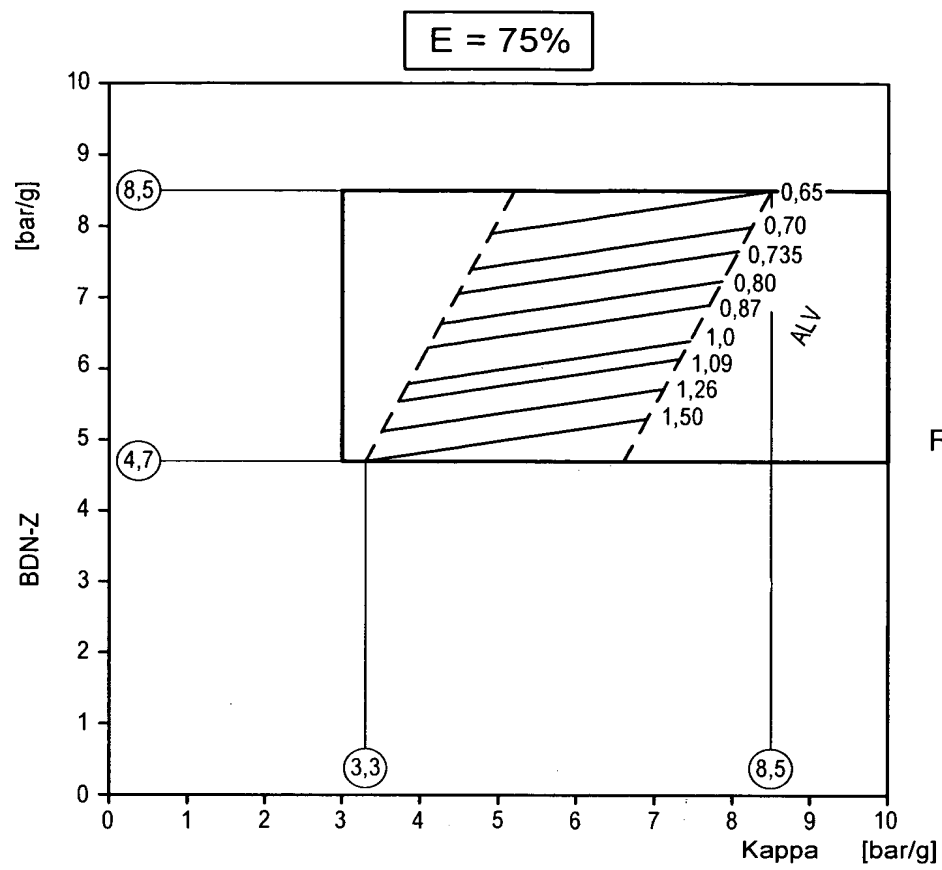
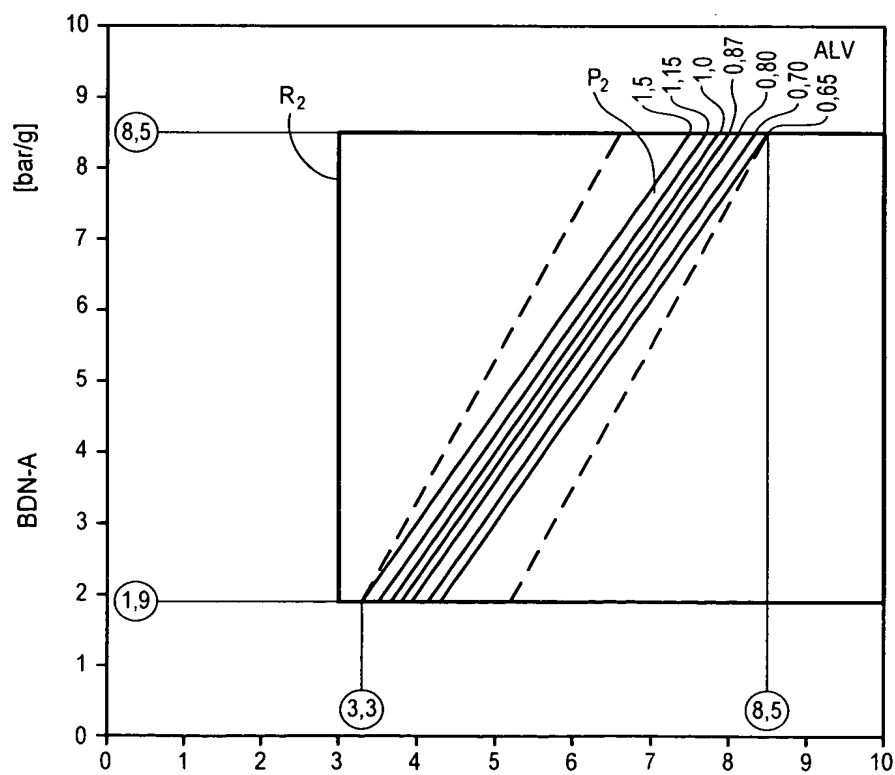
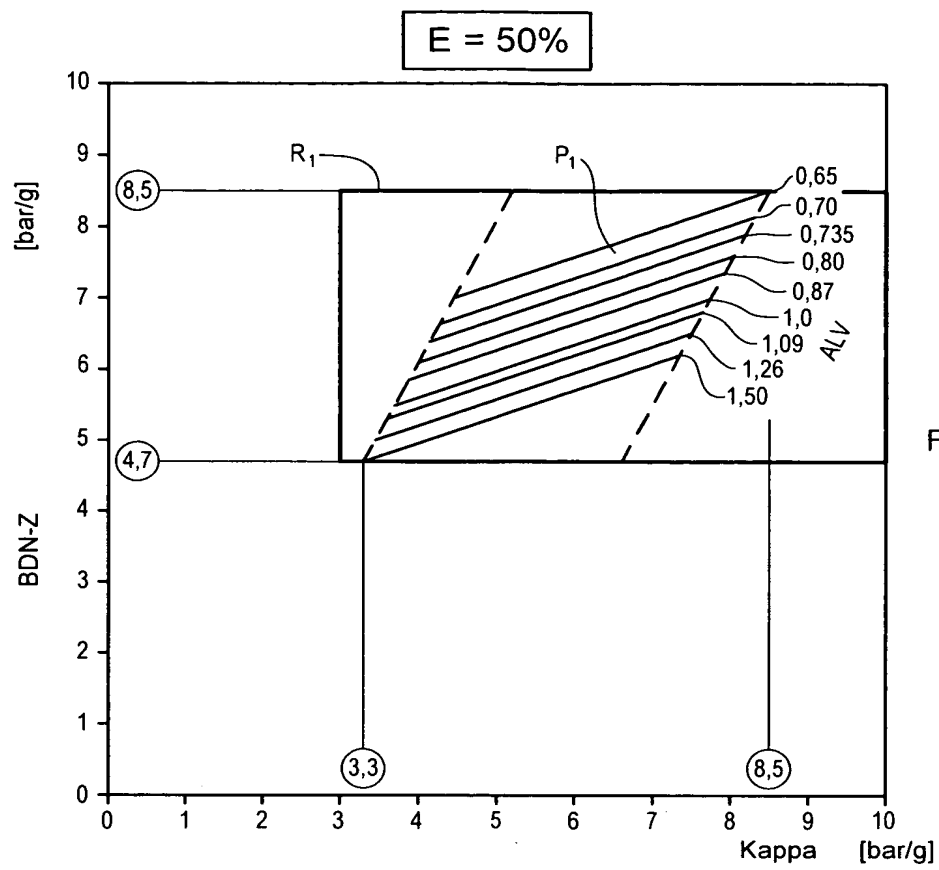
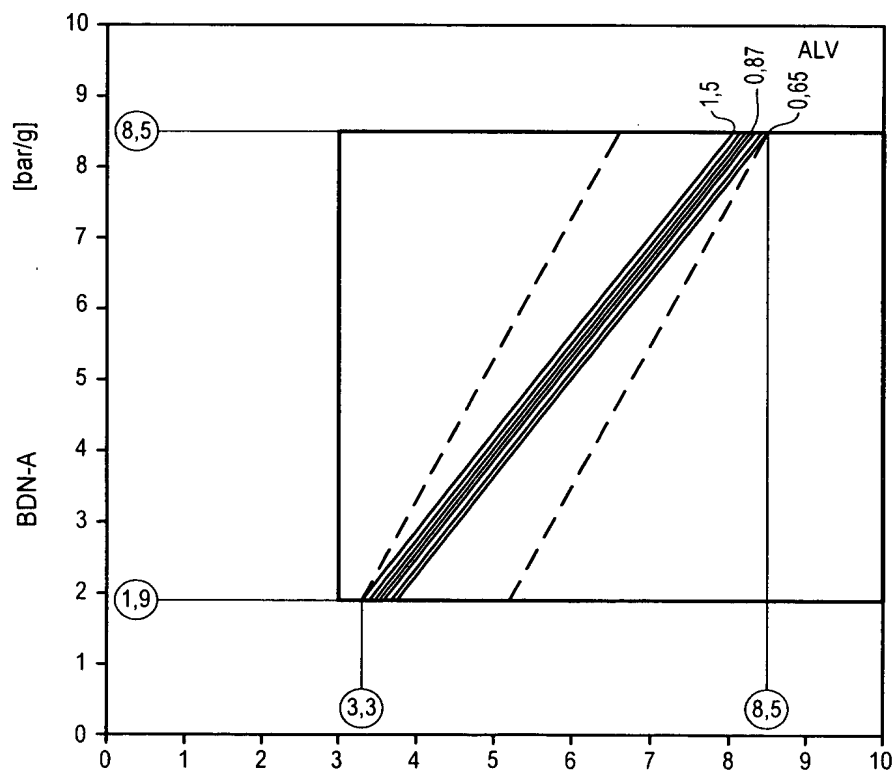
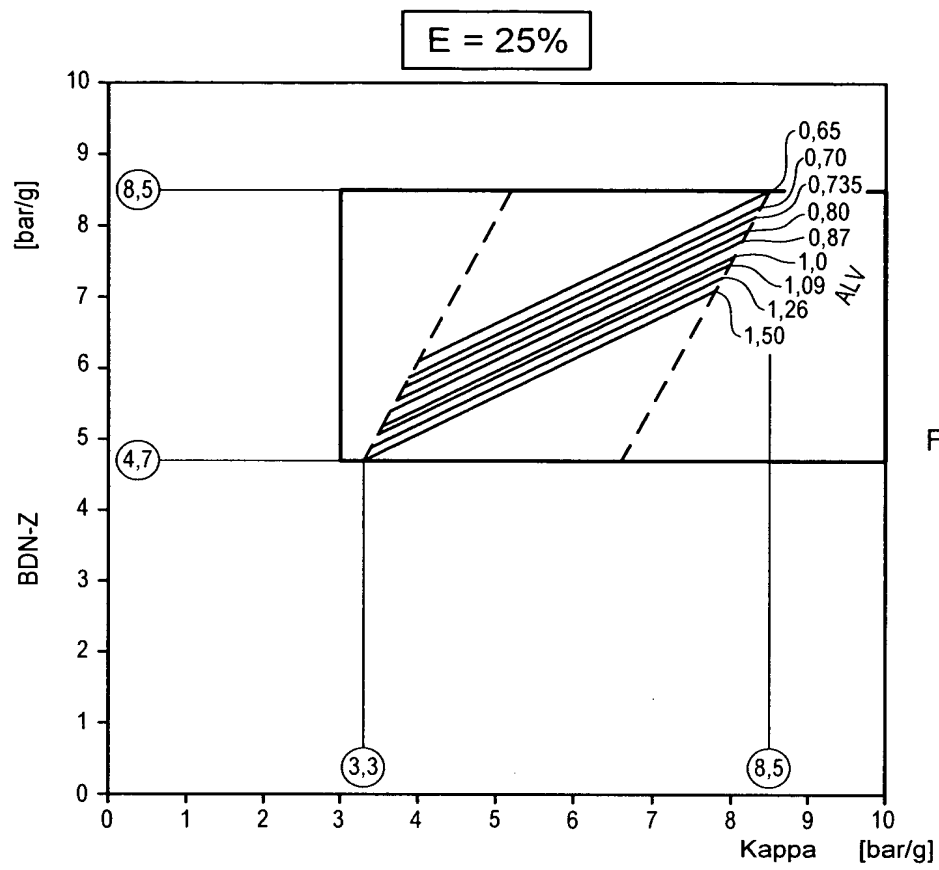


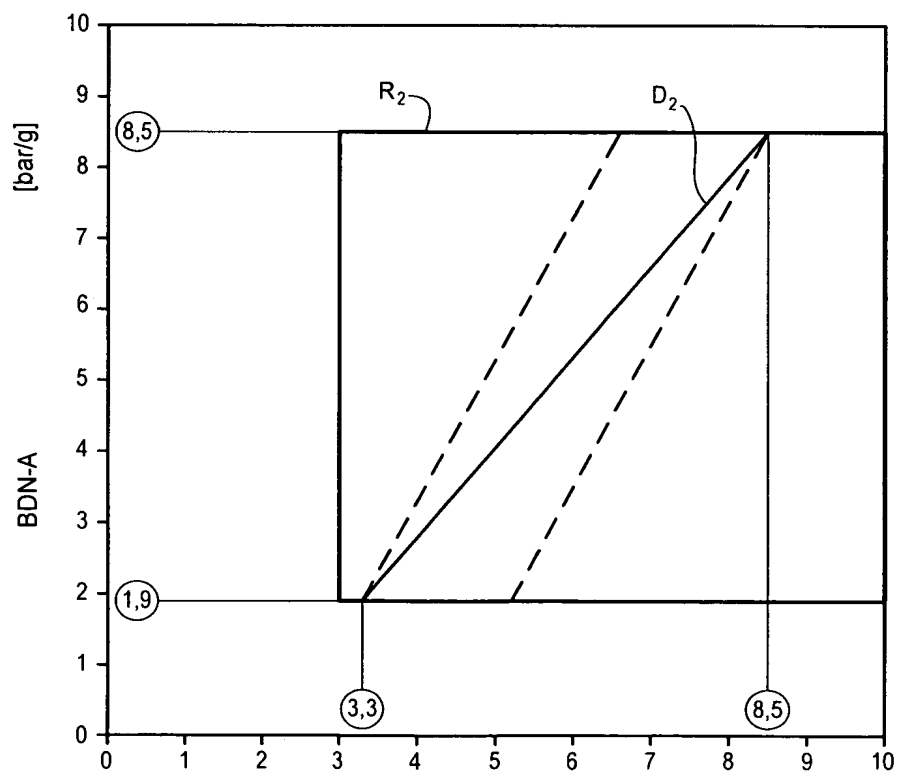
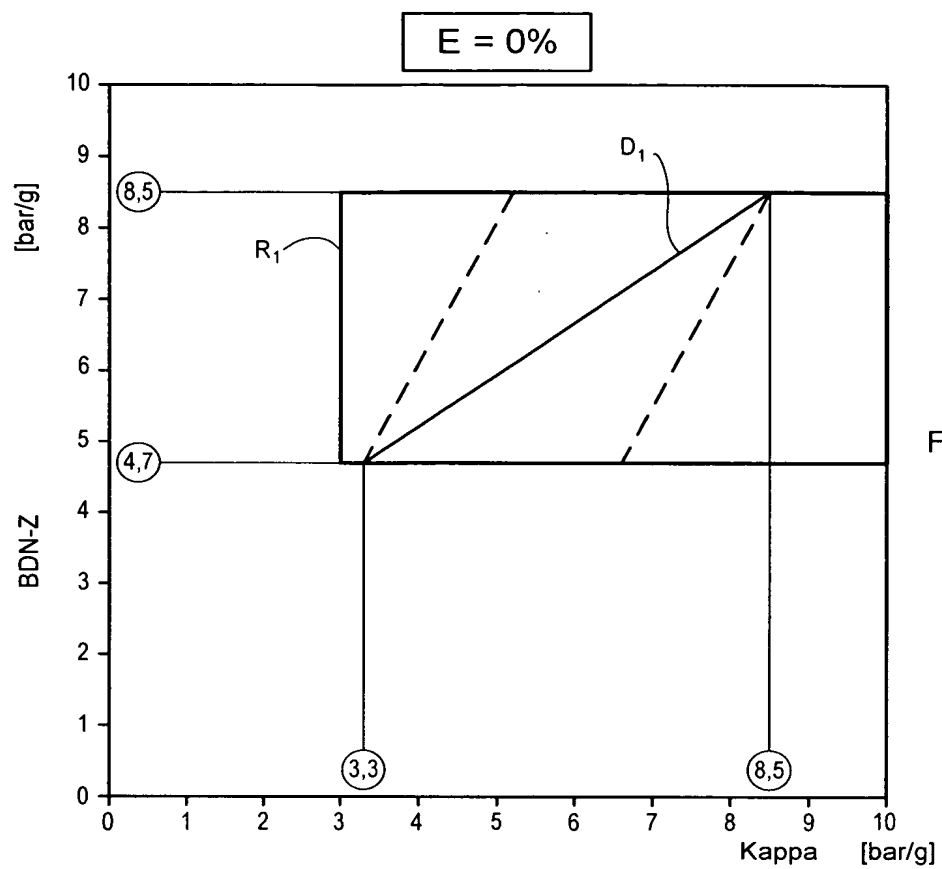
Fig.1











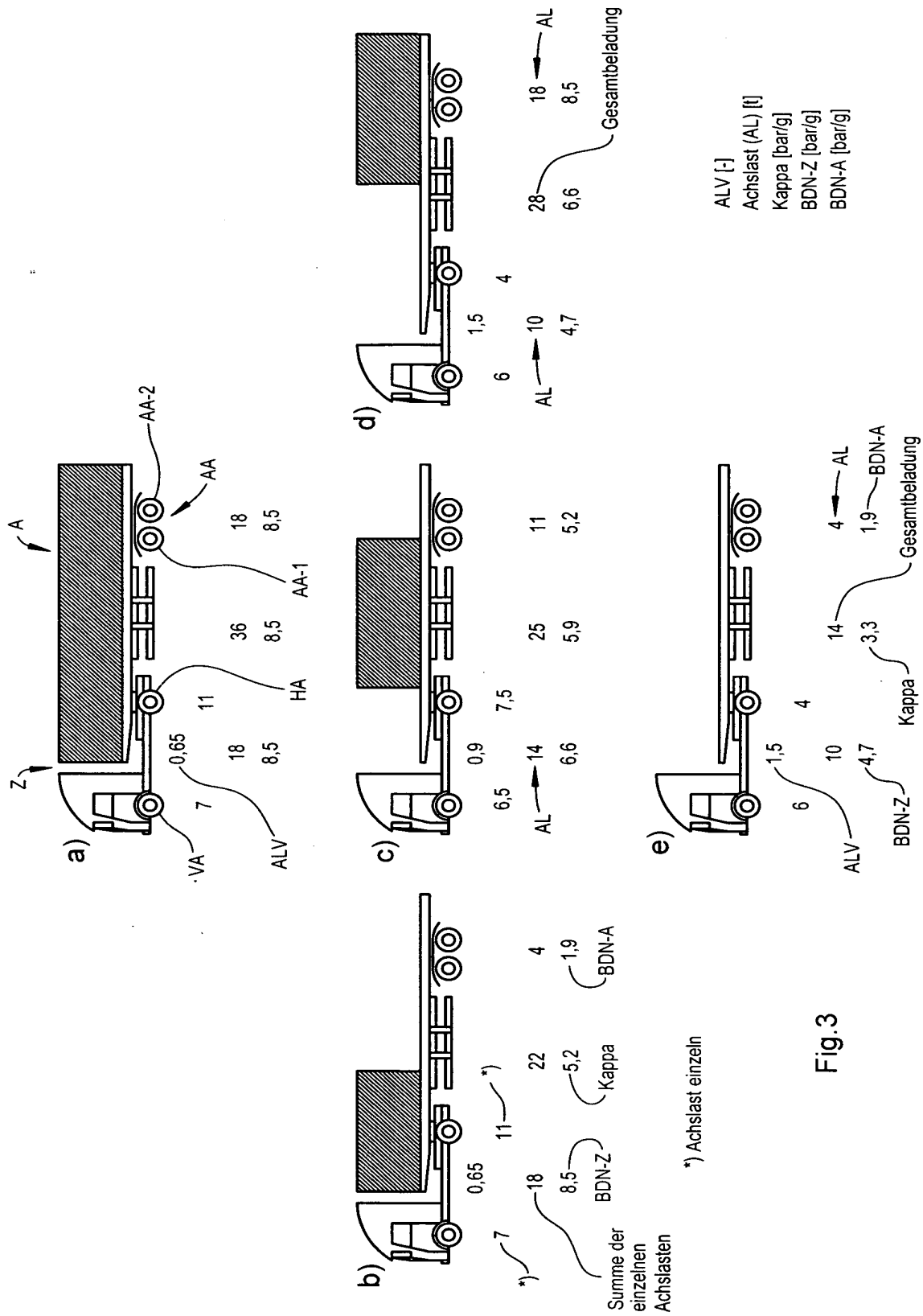


Fig. 3

*) Achslast einzeln

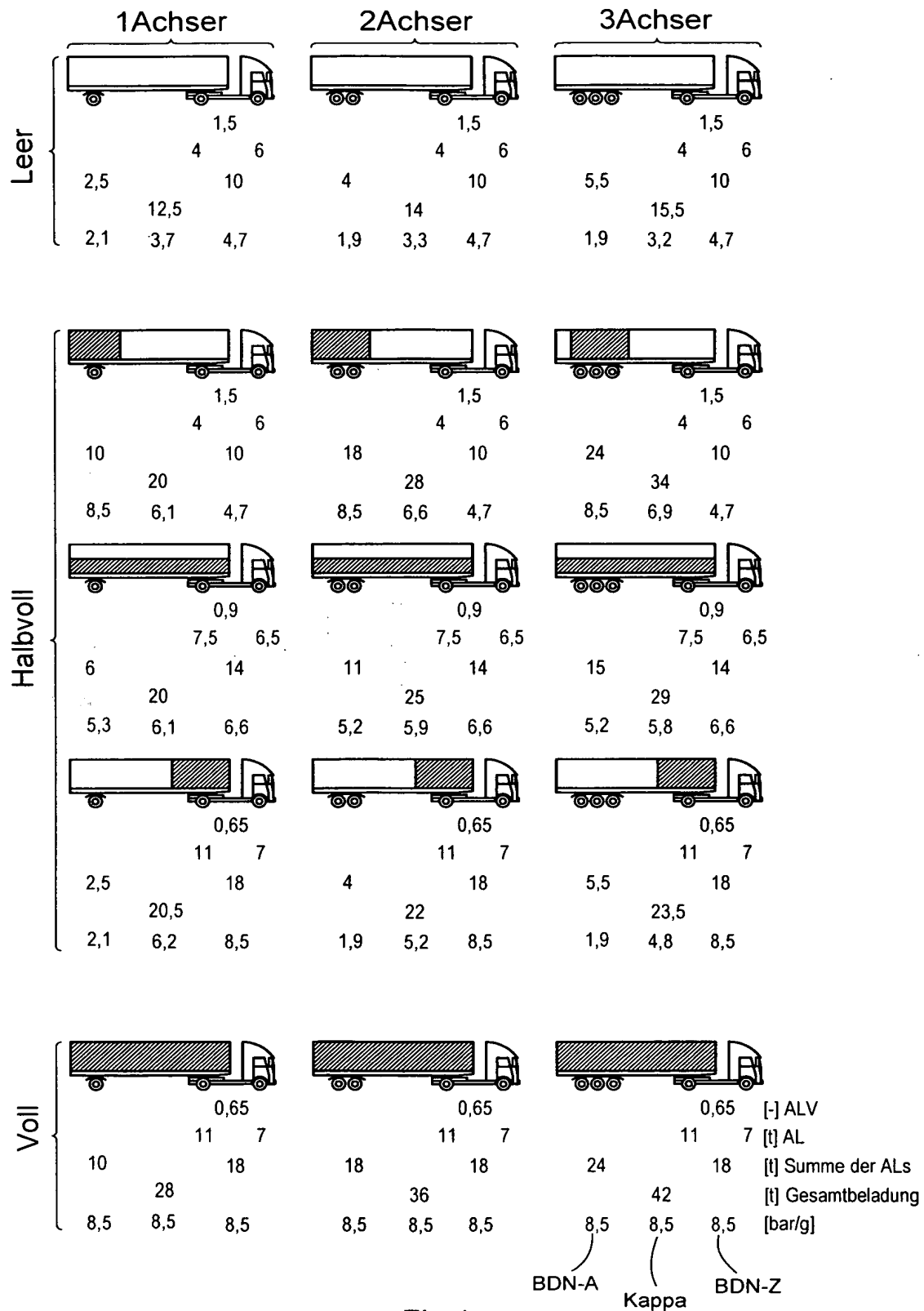
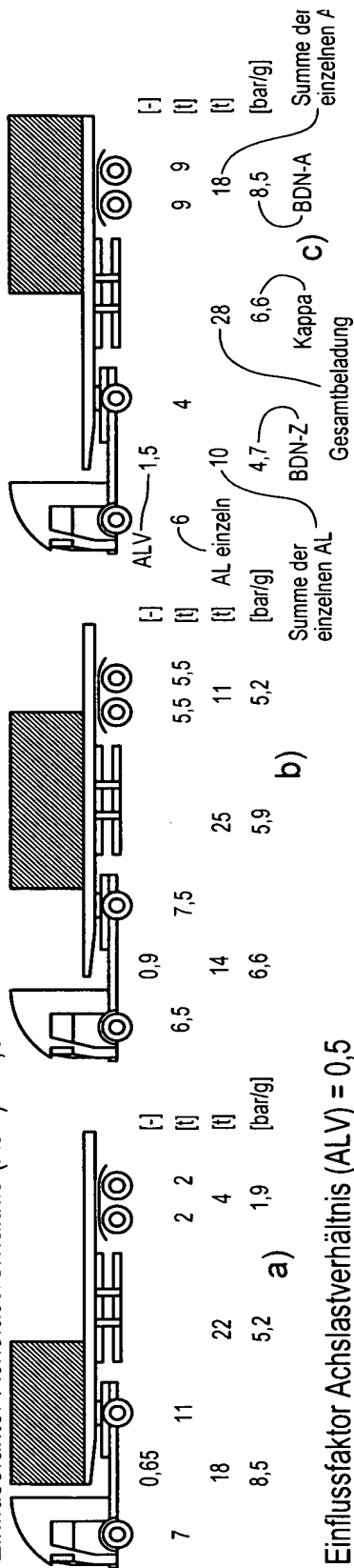
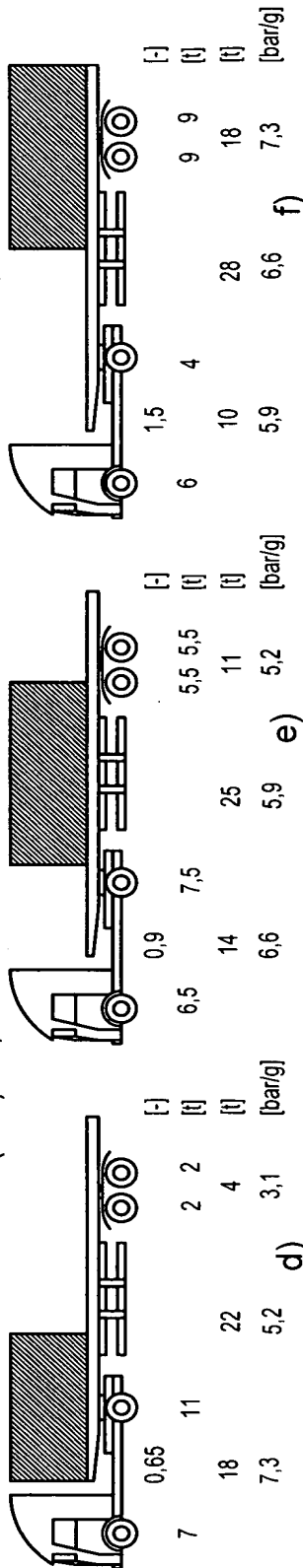


Fig.5

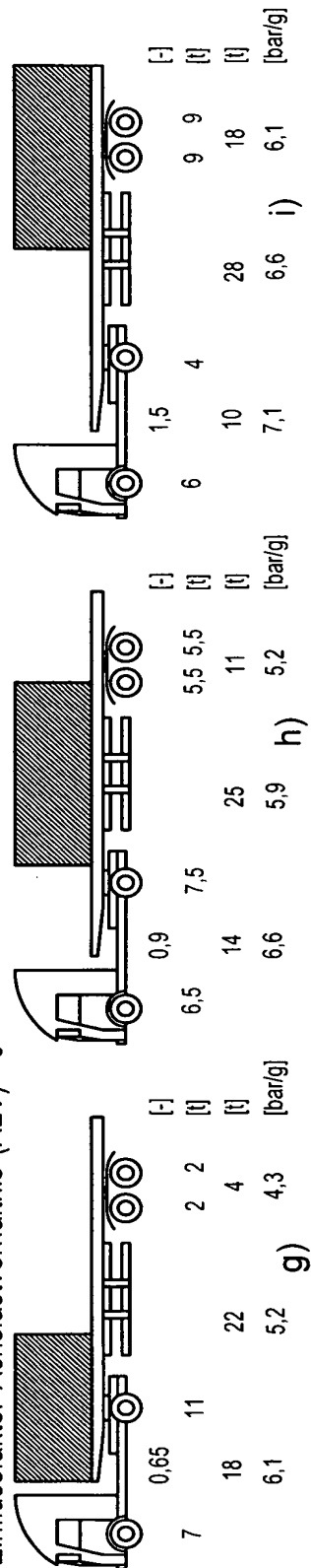
Einflussfaktor Achslastverhältnis (ALV) = 1,0



Einflussfaktor Achslastverhältnis (ALV) = 0,5



Einflussfaktor Achslastverhältnis (ALV) = 0



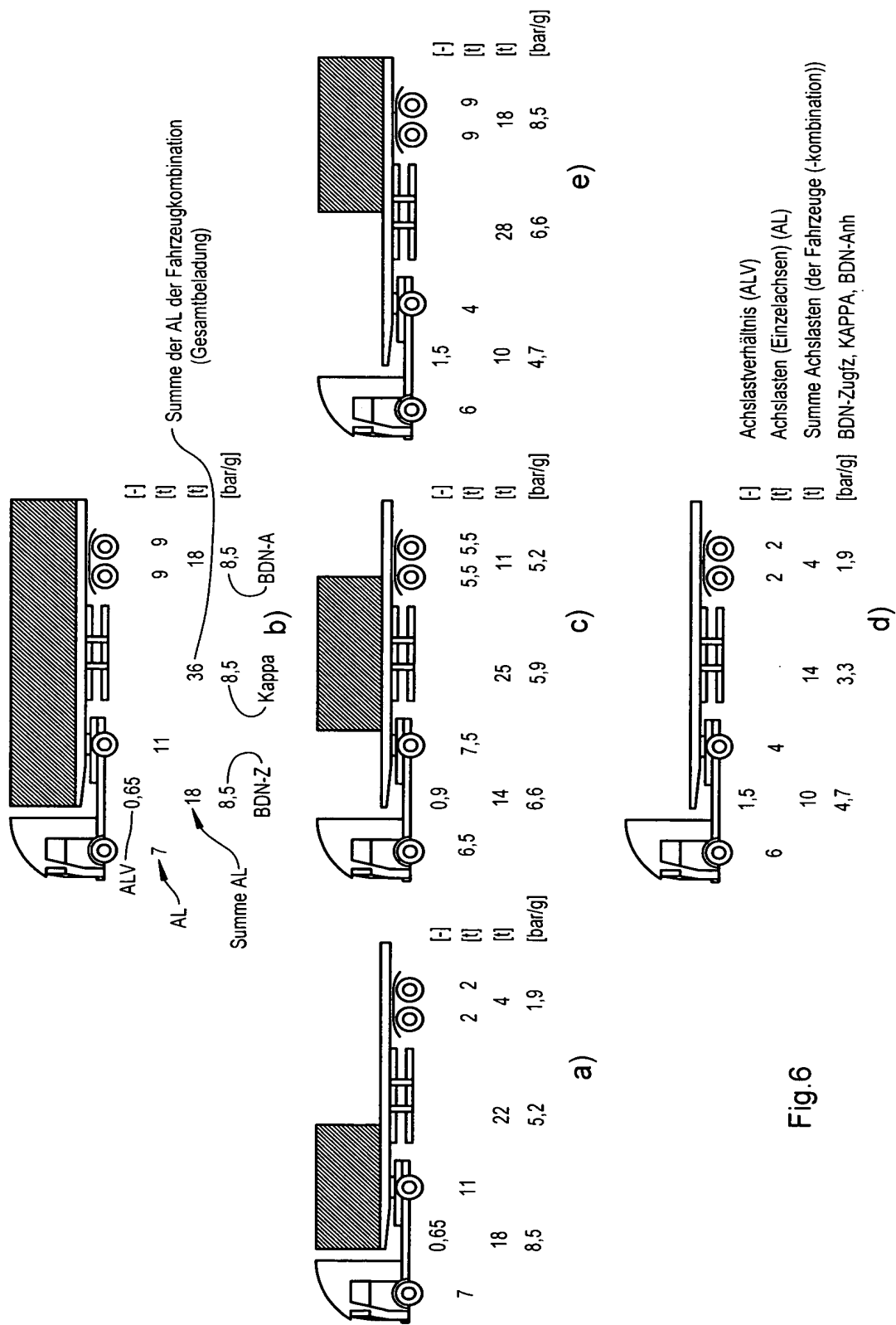


Fig.6

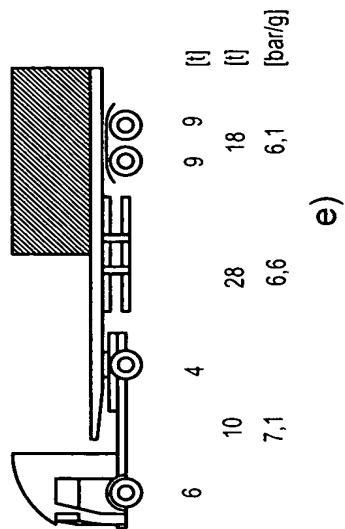
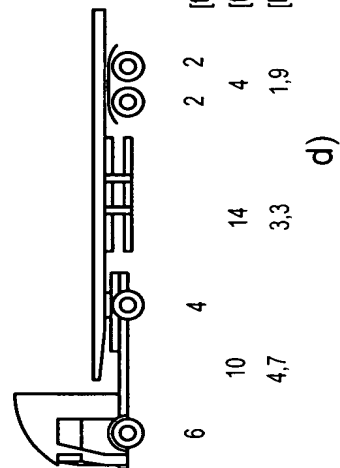
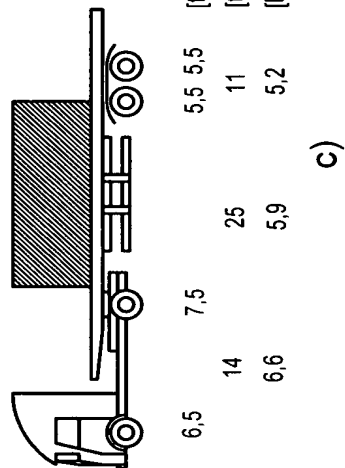
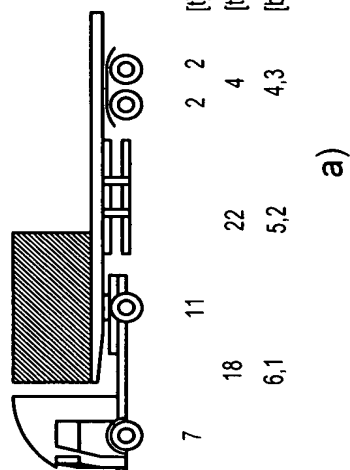
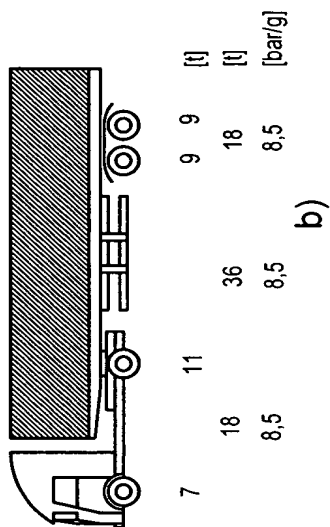


Fig. 7

BDN-Z = f [ALV] bei E = 100%

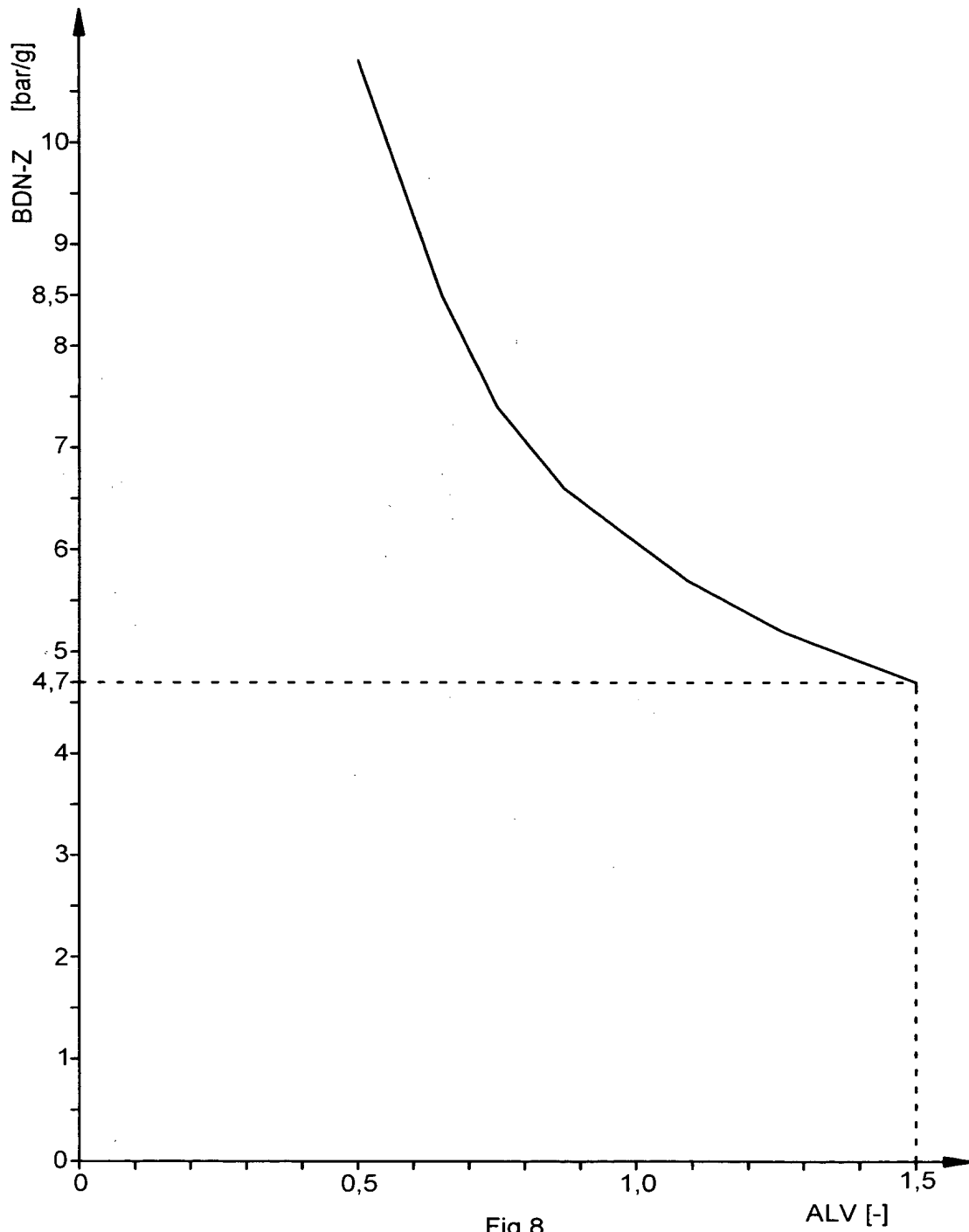


Fig.8